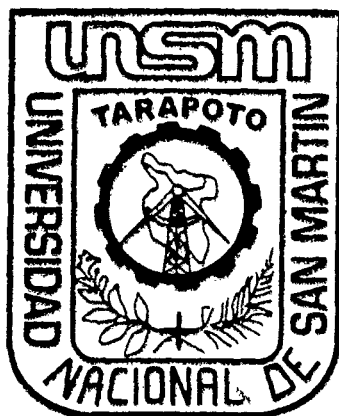


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL
ALMIDÓN DE LA ALMENDRA DEL MANGO
(Mangifera indica L.) VARIEDAD CRIOLLA**

TESIS

**Para Optar el Título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Presentado por el Bachiller
JHON KENEDY SAAVEDRA GARCÍA**

**TARAPOTO - PERÚ
2000**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**OBTENCION Y CARACTERIZACION DEL
ALMIDON DE LA ALMENDRA DEL MANGO
(Mangifera indica L.) VARIEDAD CRIOLLO**

TESIS
Para Optar el Título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por el Bachiller
JHON KENEDY SAAVEDRA GARCIA

SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO

.....
Ing. Epifanio E. Martínez Mena
PRESIDENTE

.....
Ing. Juan Salazar Díaz
SECRETARIO

.....
Ing. Mg. Ricardo Layza Castañeda
MIEMBRO

.....
Ing. M.Sc. Abner Obregón Lujerio
ASESOR

TARAPOTO - PERU
2000



DEDICATORIA

A mis queridos padres:

NICANOR y MARIANA

Con eterna gratitud y amor por el invalorable sacrificio y esfuerzo realizado a fin de consolidar mi formación profesional. Que Dios los bendiga siempre.

A mi hermana:

JESSY

Por su motivación y gran apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

- Al Ing. M.Sc ABNER FELIX OBREGON LUJERIO, por el asesoramiento brindado durante el desarrollo del presente trabajo.
- Al Ing. THONY ARCE SAAVEDRA por el co-asesoramiento en el desarrollo del trabajo de investigación.
- Al Dr. OSCAR MENDIETA TABOADA, Ing. EULER NAVARRO RAMIREZ, Ing. ENRIQUE TERLEIRA GARCIA y al Ing. NELSON GARCIA GARAY por el apoyo proporcionado durante la ejecución del presente trabajo.
- A la Sra. DOLLY FLORES DAVILA y al Sr. GUIDO SAAVEDRA VELA, por la valiosa colaboración brindada durante los análisis de laboratorio.
- A mi Alma Mater: "UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN", en especial a la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, por las facilidades brindadas y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

INDICE

| | Pag. |
|--|------|
| RESUMEN..... | 1 |
| SUMMARY..... | 4 |
| I. INTRODUCCION..... | 7 |
| II. REVISION DE LITERATURA..... | 9 |
| 2.1. EL MANGO..... | 9 |
| 2.1.1. Origen..... | 9 |
| 2.1.2. Descripción..... | 9 |
| 2.1.3. Clima..... | 12 |
| 2.1.4. Recolección y conservación..... | 12 |
| 2.1.5. Importancia del cultivo..... | 13 |
| 2.1.6. Composición química..... | 14 |
| 2.1.7. Producción..... | 15 |
| 2.2. EL ALMIDON..... | 15 |
| 2.2.1. Generalidades..... | 15 |
| 2.2.2. Estructura molecular..... | 18 |
| 2.2.3. Propiedades físicas y químicas de los almidones..... | 24 |
| 2.2.4. Características de los almidones..... | 31 |
| 2.2.5. Importancia y usos del almidón..... | 32 |
| 2.2.6. Almidones modificados..... | 34 |
| 2.2.7. Proceso de obtención del almidón..... | 37 |
| III. MATERIALES Y METODOS..... | 41 |
| 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN..... | 41 |

| | |
|---|----|
| 3.2. MATERIA PRIMA..... | 41 |
| 3.3. EQUIPOS Y MATERIALES..... | 41 |
| 3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL..... | 44 |
| 3.4.1. Materia prima..... | 45 |
| 3.4.2. Selección y/o clasificación..... | 45 |
| 3.4.3. Separación de la semilla del fruto..... | 45 |
| 3.4.4. Extracción de la almendra..... | 45 |
| 3.4.5. Selección de las almedras..... | 46 |
| 3.4.6. Maceración..... | 46 |
| 3.4.7. Lavado..... | 48 |
| 3.4.8. Pre-Desintegrado..... | 48 |
| 3.4.9. Licuado..... | 48 |
| 3.4.10. Tamizado..... | 48 |
| 3.4.11. Sedimentación..... | 49 |
| 3.4.12. Filtración..... | 49 |
| 3.4.13. Purificación..... | 49 |
| 3.4.14. Secado..... | 50 |
| 3.5. METODOS DE ANALISIS..... | 50 |
| 3.5.1. De la materia prima..... | 50 |
| 3.5.2. Del almidón..... | 52 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION..... | 57 |
| 4.1. CARACTERIZACION DE LA ALMENDRA DE MANGO..... | 57 |
| 4.1.1. Análisis físico..... | 57 |
| 4.1.2. Análisis químico proximal..... | 60 |
| 4.1.3. Determinación de tanino..... | 61 |
| 4.2. DEL PROCESO DE OBTENCION DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO..... | 62 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.2.1. | Maceración..... | 62 |
| 4.2.2. | Purificación del almidón..... | 63 |
| 4.2.3. | Secado..... | 64 |
| 4.2.4. | Diagrama de flujo óptimo y balance de materiales..... | 68 |
| 4.3. | DEL ALMIDON..... | 70 |
| 4.3.1. | Análisis físico-químico..... | 70 |
| 4.3.2. | Análisis microbiológico..... | 84 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 85 |
| VI. | RECOMENDACIONES..... | 87 |
| VII. | BIBLIOGRAFIA..... | 89 |
| VIII. | ANEXOS..... | 95 |

INDICE DE CUADROS

| <u>Nº</u> | <u>T í t u l o</u> | <u>Pag.</u> |
|-----------|--|-------------|
| 1 | ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL FRUTO..... | 11 |
| 2 | COMPOSICION QUIMICA DEL MANGO POR 100 g DE PARTE COMESTIBLE..... | 14 |
| 3 | PRODUCCION HISTORICA DE MANGO EN LA REGION SAN MARTIN (1988-1997)..... | 15 |
| 4 | COMPOSICION DE DIVERSOS PRODUCTOS VEGETALES RICOS EN ALMIDON (g/100 g materia seca)..... | 17 |
| 5 | CONTENIDO EN AMILOSA Y AMILOPECTINA DE ALMIDONES NATURALES..... | 21 |
| 6 | PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA AMILOSA Y AMILOPECTINA..... | 24 |
| 7 | MARGENES DE GELIFICACION Y TAMAÑO DE GRANULO DE DIFERENTES ALMIDONES ALIMENTICIOS..... | 28 |
| 8 | REACCION CUALITATIVA DE TANINOS..... | 52 |
| 9 | PESO Y PORCENTAJE DE LAS PARTES DEL FRUTO DEL MANGO (<i>Mangifera indica L.</i>) VARIEDAD CRIOLLO. | 57 |

| | | |
|----|---|----|
| 10 | BIOMETRIA DE LAS SEMILLAS DE MANGO (<i>Mangifera indica L.</i>) VARIEDAD CRIOLLO..... | 59 |
| 11 | PARTES DE LA SEMILLA DE MANGO (<i>Mangifera indica L.</i>) VARIEDAD CRIOLLO..... | 59 |
| 12 | ANALISIS QUIMICO DE LA ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera indica L.</i>) VARIEDAD CRIOLLO..... | 60 |
| 13 | EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE BISULFITO DE SODIO SOBRE EL COLOR DE LAS ALMENDRAS, EL % DE TANINO ELIMINADO Y EL CONTENIDO RESIDUAL DE SO ₂ EN EL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO.... | 62 |
| 14 | RESUMEN DE LOS PROMEDIOS DEL ANALISIS SENSORIAL POR ATRIBUTO..... | 66 |
| 15 | ANVA DE LA EVALUACION SENSORIAL POR ATRIBUTO EN LA OBTENCION DE ALMENDRA DE MANGO..... | 67 |
| 16 | PRUEBA DE DUNCAN (5%) DE LA EVALUACION SENSORIAL POR CARACTERISTICA EN LA OBTENCION DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO..... | 67 |
| 17 | COMPOSICION QUIMICA DEL ALMIDON DE LA ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera indica L.</i>) VARIEDAD CRIOLLO..... | 70 |

| | | |
|----|---|----|
| 18 | OTROS ANALISIS FISICO-QUIMICOS EFECTUADOS EN EL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera indica</i> L.)..... | 72 |
| 19 | VARIACION DE LA VISCOSIDAD DEL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera indica</i> L.) VARIEDAD CRIOLLO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACION..... | 79 |
| 20 | ANALISIS DE AMILOSA EN EL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera indica</i> L.) VARIEDAD CRIOLLO..... | 82 |
| 21 | ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (Colonias/gramo de muestra) | 84 |
| 22 | RESULTADOS DE LA PRUEBA SENSORIAL A ESCALA HEDONICA PARA ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera indica</i> L.)..... | 98 |

INDICE DE FIGURAS

| <u>Nº</u> | <u>T í t u l o</u> | <u>Pag.</u> |
|-----------|---|-------------|
| 1 | FRAGMENTO DE AMILOSA..... | 22 |
| 2 | FRAGMENTO DE AMILOPECTINA..... | 23 |
| 3 | FLUJOGRAMA DE OBTENCION DE ALMIDON DE RAICES Y TUBERCULOS POR VIA HUMEDA..... | 40 |
| 4 | FLUJOGRAMA PRELIMINAR PARA OBTENCION DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera</i> <i>indica L.</i>), VARIEDAD CRIOLLO..... | 47 |
| 5 | FLUJOGRAMA OPTIMO PARA LA OBTENCION DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO VARIEDAD CRIOLLO (<i>Mangifera indica L.</i>) Y BALANCE DE MATERIALES | 69 |
| 6 | GRANULOS DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera indica L.</i>) VARIEDAD CRIOLLO (AUMENTO 40 x 10)..... | 74 |
| 7 | GRANULOS DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera indica L.</i>) VARIEDAD CRIOLLO (AUMENTO 100 x 10)..... | 74 |

| | | |
|----|---|----|
| 8 | GRANULOS DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (<i>Mangifera indica</i> L.) VARIEDAD CRIOLLO (AUMENTO 100 x 10)..... | 75 |
| 9 | GRANULOS DE ALMIDON DE MAIZ (AUMENTO 100x10). | 75 |
| 10 | GRANULOS DE ALMIDON DE PAPA (AUMENTO 40 x 10) | 76 |
| 11 | GRANULOS DE ALMIDON DE YUCA (AUMENTO 100x10). | 76 |
| 12 | EFFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA VISCOSIDAD DEL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO..... | 81 |

RESUMEN

El mango (*Mangifera indica L.*) es una fruta que se destina a la elaboración de diferentes productos. Aunque la pulpa es la parte esencial de la fruta, se ha demostrado que la semilla es utilizada con gran provecho, ya que de ésta se puede extraer un almidón de muy buena calidad para consumo humano y uso industrial como se demostró con los análisis realizados al almidón obtenido.

El mango, se consume en forma directa como fruta y procesado a través de los sectores agroindustriales e industrias afines, desechándose la semilla que constituye aproximadamente un 17.18% del fruto.

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de establecer los parámetros adecuados para la obtención de almidón de almendra de mango (*Mangifera indica L.*) variedad criollo, por vía húmeda, en busca de otorgarle un valor agregado. Este estudio servirá de base para posteriores trabajos y permitirá recomendar sus posibles aplicaciones en la industria. Se realizó el estudio de la materia prima, del proceso, y del almidón como producto final, realizándose evaluaciones físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales, según el caso.

La almendra de mango (*Mangifera indica* L.) variedad criollo, reportó en base seca, alto contenido en carbohidratos (78.85%), proteína (5.20%), grasa (9.69%). Contiene 1.87% de tanino hidrolizable, que fue eliminado totalmente con solución de bisulfito de sodio al 1% y lavados continuos con agua.

El almidón de mango ya purificado contiene en base seca un 99.22% de carbohidratos, 0.13% de proteína, 0.61% de grasa, 0.02% de fibra y 0.01% de ceniza, porcentajes en su mayoría dentro de los límites establecidos por ITINTEC (1974). No posee taninos ni microorganismos tóxicos que pueden alterar la preparación de alimentos.

Los gránulos de almidón de almendra de mango (*Mangifera indica* L.) variedad criollo, presentó elevado porcentaje de amilosa (39.67%), el cual determinó una alta temperatura de gelatinización (70-86°C) y una curva de viscosidad típica de almidones resistentes al tratamiento térmico y de tendencia retrogradativa, lo que permite encaminar su posible aplicación en la preparación de geles alimenticios y de películas comestibles como recubrimientos de píldoras farmacéuticas por su resistencia a la cocción y por la formación de geles más firmes.

El flujo óptimo de procesamiento fue: semilla de mango, extracción de almendra, maceración (bisulfito de Na al 1%), lavado, pre-desintegrado, licuado, tamizado, sedimentado, filtrado, purificado y secado (60°C).

Se obtuvo un rendimiento de almidón de 12.32% con respecto a la semilla de mango. El almidón presentó características organolépticas muy aceptables y una reducida carga microbiana, demostrando condiciones adecuadas de higiene empleadas durante el procesamiento.

SUMMARY

The mango (*Mangifera indica* L.) is a fruit that is destined for the different products elaboration. Though the flesh is the essential part of the fruit, it has been demonstrated that the seed is used with great profit, since of this can be extracted a starch of very good quality for human consumption and industrial use as was demonstrated with the analysis done to the obtained starch.

The mango, is consummated in direct form as fruit and also it is processed through the agroindustrial sectors and related industries, being rejected the seed that constitutes approximately a 17.18% of the fruit.

The present investigation work, was done in order to establish the parameters adapted for the obtainment of kernel starch of mango (*Mangifera indica* L.) native variety, by wet route, in search of giving it a value added. This study will serve as base for subsequent projects and will permit to recommend possible applications in the industry. It was made the study of the raw material, of the process, and of the starch as final product, being made physical evaluations, chemicals, microbiology and sensitives, according to the case.

The mango kernel (*Mangifera indica* L.) native variety, reported in base dries, high content in carbohydrates (78.85%), protein (5.20%), fat (9.69%). Contain 1.87% of tannin hidrolizable, that it was eliminated totally with solution of bisulfito of sodium to the 1% and continuous washes with water.

The mango starch already purified contains in base dries a 99.22% of carbohydrates, 0.13% of protein, 0.61% of fat, 0.02% of fiber and 0.01% of ash, percentages for the most part within the limits established by ITINTEC (1974). It does not possess tannins neither toxic microorganisms that they can alter the foods preparation.

The granules of kernel starch of mango (*Mangifera indica* L.) native variety, presented increased percentage of amilosa (39.67%), the one which determined a high temperature of gelatinization (70 -86°C) and a curve of typical viscosity of resistant starches to the thermal treatment and of trend retrogradative, what permits to route its possible application in the nutritional gels preparation and of edible film as cover of pharmaceutical pills by its resistance to the boiling and by the gels training more firm.

The optimum processing flow was: mango seed, kernel extraction, maceration (bisulfite of sodium to the 1%), wash, pre-cutted, liquefied, sifted, sedimented, filtered, purified and dried (60°C).

It was obtained a starch yield of 12.32% with respect to the mango seed. The starch presented characteristic organoléptics very acceptable and a reduced load microbiana, demonstrating adequate hygiene conditions employed during the processing.

I . INTRODUCCION

A nivel nacional, la producción de mango, se destinan a los mercados nacionales e internacionales en su estado natural como fruta. Sin embargo algunos productores tienen problemas en la colocación de la fruta fresca a buenos precios, motivo por el cual gran cantidad de esta fruta se pierde debido a la falta de centros de almacenamiento. Esta situación nos conduce a la industrialización de la fruta en jugos, conservas en almíbar y concentrados como medida adecuada para una solución rápida tendiente a aprovechar al máximo nuestros recursos vegetales y favorecer el desarrollo económico de nuestras zonas rurales, y al mismo tiempo, dejando de lado grandes volúmenes de desechos de esta producción, conformado por la cáscara y la semilla de mango de las cuales pueden obtenerse productos de uso alimenticio e industrial.

En lo que respecta a la región San Martín, en los últimos años se viene observando gran interés para el cultivo del mango, prueba de ello, se tiene desde 1993 a 1997 como puede notarse en el Cuadro 3, el incremento de las áreas cultivadas de 110 a 205 Has., la misma que representa un 86.4%, destinándose parte de esta producción al mercado local para consumo directo y un 20-30% son aprovechados en forma artesanal en conservas de frutas.

El fin de esta investigación es obtener un producto de un desecho industrial, en este caso específico la almendra de mango, la cual contiene un elevado porcentaje de almidón que merece ser aprovechado. Razón por lo que se plantea a través del presente trabajo de investigación, la obtención y caracterización del almidón a partir de la almendra de mango, y servir de base para trabajos posteriores en cuanto a su aprovechamiento industrial, como una alternativa viable de solución al problema de contaminación por grandes volúmenes de desechos de semilla que representa para la población y las industrias procesadoras de mango, y a la revalorización de un producto desechado.

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- Caracterizar la almendra de mango como materia prima.
- Determinar parámetros tecnológicos adecuados en el proceso de obtención de almidón a partir de la almendra del mango.
- Realizar los análisis físico-químico, organoléptico y microbiológico del almidón obtenido.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. EL MANGO

El mango (*Mangifera indica L.*), es una de las frutas tropicales más apreciadas por su fino sabor y aroma, atractivo color y valor nutritivo (vitaminas A y C, carbohidratos, proteínas y taninos).

Actualmente es cultivado en India, Indonesia, Filipinas, Australia, Egipto, Israel, Sudáfrica, Estados Unidos de América y en la mayoría de los países de América Tropical (IICA, 1989).

2.1.1. Origen

El mango es oriundo del norte de Birmania y noroeste de la India, de donde se difundió por todo el sur oeste de Asia y el Archipiélago Malayo y, posteriormente a América donde llegó por dos vías: los portugueses en Brasil y los españoles en México (IICA, 1989).

2.1.2. Descripción

El mango en términos taxonómicos, pertenece:

| | | |
|----------|---|---------------|
| División | : | Angiosperma |
| Clase | : | Dicotiledonea |

Orden : Sapindales
Sub-orden : Sapindinea
Familia : Anacardiacea
Género : *Mangifera*
Especie : *indica L.*
Nombre científico : *Mangifera indica L.*

Es un árbol siempre verde; mide de 10 a 20 metros en estado adulto, incluso algunos pueden llegar a 40 ó 50 metros de altura. Su forma depende de varios factores, entre ellos el tipo de propagación usada. El árbol de semilla es erecto y alto, mientras que el injertado es más bajo, de ramificación escasa y abierta (IICA, 1989).

Los frutos son drupas, que según la variedad tienen diferencia de tamaño y peso, desde el de una ciruela hasta 2 Kg. Su forma también es variable: redondos, ovalados, arrifionados, acorazonados, etc. La piel es lisa, fina y coriácea, algo más gruesa que la del melocotón, de color que oscila entre el amarillo verdoso hasta el anaranjado, a veces punteada con lenticelas verdes o rojizas.

El mesocarpio es una pulpa amarillo naranja, jugosa y fibrosa en su interior, que envuelve a una semilla grande y aplastada, dura, compuesta de una envoltura leñosa cubierta de fibras que recubre una

almendra blanca (IBAR, 1979).

Las condiciones fisiológicas y climáticas, temperatura, horas de sol, suelo, etc. contribuyen considerablemente en las características físicas y químicas de la fruta del mango. La fruta del mango está constituida por tres partes básicas: la cáscara, la pulpa y la semilla; el % de peso de éstas varían según las condiciones anteriormente mencionadas y según la variedad de mango aunque en promedio dichas partes vendrían a constituir un 45% a 82.9% de pulpa, 9.1% a 26.8% de semilla y un 11% a 39.2% de cáscara (TELGE, 1961). El Cuadro 1 muestra las características físicas de las principales variedades de mango.

CUADRO 1: ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL FRUTO

| VARIEDAD | COLOR | TAMAÑO | PESO PROMEDIO (g) | SABOR | COMPOSICION | | |
|-----------------|------------------------|---------|----------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | | | Cáscara (%) | Pulpa (%) | Semilla (%) |
| Haden | Amarillo rojizo | Grande | 362.0 | Agradable | 8.3 | 86.4 | 5.3 |
| Corazal | Amarillo rojizo | Grande | 345.0 | Agradable | 10.2 | 77.6 | 12.2 |
| Cambodiana | Amarillo brillante | Mediano | 215.0 | Característico | 9.3 | 75.8 | 14.9 |
| Saygón | Verdoso amarillento | Pequeño | 146.5 | Agradable | 17.9 | 65.6 | 26.5 |
| Carne de Ica | Amarillo rosado | Mediano | 215.6 | Agradable | 6.8 | 79.1 | 14.1 |

Fuente: TELGE (1961).

2.1.3. Clima

El cultivo del mango necesita una pluviometría mínima de 1000 a 1200 mm de agua; cuatro a seis meses de estación seca, con menos de 60 mm al mes, para favorecer la producción.

La floración ha de tener lugar durante la temperatura seca, después de una lluvia de corta duración, normalmente suficiente para desencadenar el brote de las yemas florales (lluvia de los mangos). La lluvia durante la floración provoca la caída de las flores.

La insolación en la madurez, mejora el color y perfume de las frutas; y es necesariamente imprescindible para el cuaje de los frutos (IICA, 1989). El mango se desarrolla bien en regiones cuya temperatura media anual oscila entre 20 y 25°C, pudiendo llegar en invierno a 15°C (IBAR, 1979).

2.1.4. Recolección y conservación

El mango no suele tener cosechas demasiado regulares, por lo que los frutos deben cogerse cuando hayan adquirido el tamaño adecuado, un poco antes de su completa madurez.

En estado de madurez, el fruto cede un poco bajo la presión de los dedos lo cual puede ser un medio para orientarnos para saber si este está completamente maduro. Si el fruto se coge maduro, mantiene sus buenas condiciones durante 5 días, a temperatura entre 20-25°C, en las mismas circunstancias soporta 10 días a 8°C. Recogido verde, pero con el tamaño propio de cada variedad, se mantiene hasta 25 días a 8°C (IBAR, 1979).

2.1.5. Importancia del cultivo

Como fruto tropical, su cultivo tiene gran importancia a causa de su facilidad, ya que se encuentra semi-espontáneo, y por su gran producción.

El mango maduro puede consumirse, además de cómo fruta fresca, en ensalada aliñado con zumo de limón, aún verde puede cortarse en rodajas y hervirse con azúcar y agua hasta que se forme una jalea (IBAR, 1979).

Dependiendo de la variedad, los mangos pueden ser procesados térmicamente en rebanadas, en almíbar, jugos, néctares, jaleas y mermeladas, compotas y encurtidos, y pueden ser procesados como puré y congeladas en rebanadas.

Económicamente es tan importante industrializar la fruta como utilizar los subproductos frutícolas. Se ha observado que las grandes cantidades de desperdicios frutícolas (cáscara, fibra de pulpa, huesos), introducen serios problemas para su eliminación ya que no existen procesos integrales (en la mayoría de las agroindustrias) que usen todos los subproductos durante el proceso (IICA, 1989).

2.1.6. Composición química

En el Cuadro 2 se reporta la composición química del mango.

CUADRO 2: COMPOSICION QUIMICA DEL MANGO POR 100 g DE LA PARTE COMESTIBLE

| COMPONENTE | CANTIDAD |
|-----------------------------|----------|
| Valor energético (Kcal) | 60.00 |
| Humedad (g) | 83.00 |
| Proteína (g) | 0.40 |
| Grasa (g) | 0.20 |
| Carbohidrato (g) | 15.90 |
| Fibra (g) | 1.00 |
| Ceniza (g) | 0.50 |
| Calcio (mg) | 17.00 |
| Fósforo (mg) | 15.00 |
| Hierro (mg) | 0.40 |
| Retinol (mcg) | 159.00 |
| Tiamina (mg) | 0.03 |
| Riboflavina (mg) | 0.11 |
| Niacina (mg) | 0.39 |
| Ac. Ascórbico reducido (mg) | 24.80 |

Fuente: COLLAZOS (1996).

2.1.7. Producción

El Ministerio de Agricultura hace un estimado de la producción con base a las hectáreas cultivadas y el rendimiento del mismo, tal como puede observarse en el Cuadro 3.

nn

CUADRO 3: PRODUCCION HISTORICA DE MANGO EN LA REGION SAN MARTIN (1988-1997)

| AÑOS | AREAS CULTIVADAS (Ha) | PRODUCCION (TM) |
|------|--------------------------|--------------------|
| 1988 | 107 | 1070 |
| 1989 | 115 | 1725 |
| 1990 | 120 | 1880 |
| 1991 | 120 | 1740 |
| 1992 | 110 | 1510 |
| 1993 | 250 | 3750 |
| 1994 | 250 | 3750 |
| 1995 | 250 | 3750 |
| 1996 | 205 | 3731 |
| 1997 | 205 | 3731 |

Fuente: Ministerio de Agricultura-Región Agraria XIII (1997). Ministerio Agrícola (1997).

2.2. EL ALMIDON

2.2.1. Generalidades

Los almidones son polisacáridos vegetales. Fisiológicamente son sustancias de reserva, análogas al glucógeno animal y no a los constituyentes de estructura del tipo de celulosa o pectinas. Los almidones se encuentran principalmente en los granos de cereales y en los tubérculos como la patata, mandioca (ver Cuadro 4).

También se encuentran en cantidades elevadas en frutas, como el plátano y en varias legumbres donde las transformaciones reversibles entre almidón y glucosa que intervienen en la maduración y después de la cosecha tienen una influencia notable sobre la calidad (CHEFTEL, 1980; ALEIXANDRE, 1996).

El almidón es el más importante de los polisacáridos y está ampliamente difundido en la naturaleza como materia de reserva en casi todas las partes de todos los vegetales. Proporciona más calorías a la dieta normal del hombre que ninguna otra sustancia simple (BRAVERMAN, 1967).

Almacenado en numerosas semillas en cantidades de hasta un 70%, se le considera como un producto que la naturaleza ha puesto al alcance del embrión para nutrirlo en sus primeras fases de crecimiento. Se produce también en muchos tubérculos carnosos y raíces que lo contienen hasta en un 30% con la finalidad de proporcionar un alimento de reserva a los tejidos que habrán de desarrollarse al crecer el vegetal, después de un período de letargo. El almidón se acumula asimismo en las pequeñas ramas leñosas con el mismo objetivo, osea almacenar una fuente de energía para el futuro crecimiento de las yemas en la primavera. Finalmente, en relación con la fotosíntesis, se encuentra almidón en numerosos cloroplastos de los tejidos de las hojas.

En todas las partes citadas del vegetal se observa que el almidón va almacenándose en forma de pequeños gránulos que varían de forma y tamaño según las distintas especies vegetales (BONNER-GALSTON, 1952 citado por RAFOLS, 1985).

CUADRO 4: COMPOSICION DE DIVERSOS PRODUCTOS VEGETALES RICOS EN ALMIDON (g/100 g materia seca)

| PRODUCTO | ALMIDON | PROTEINAS | LIPIDOS | FIBRA | CENIZAS | AGUA |
|--------------------|---------|-----------|---------|-------|---------|------|
| Papa | 84 | 8 | 0.5 | 3 | 4.0 | 78 |
| Yuca | 95 | 1 | 0.5 | 2 | 1.5 | 12 |
| Trigo | 75 | 12 | ≈3.0 | ≈3 | ≈2.0 | ≈12 |
| Arroz | 75 | 12 | ≈3.0 | ≈3 | ≈2.0 | ≈12 |
| Sorgo | 75 | 12 | ≈3.0 | ≈3 | ≈2.0 | ≈12 |
| Maíz | 75 | 12 | ≈3.0 | ≈3 | ≈2.0 | ≈12 |
| Guisantes | 60-66 | 25-30 | 1.5 | 6-8 | 1.5-3 | 75 |
| Plátano | 90 | 5 | 1.5 | 2 | 3.5 | 74 |
| * Semilla de umarí | 63.80 | 4.53 | 0.39 | - | 1.83 | - |

Fuente: CHEFTEL, (1980).
* ATMAN, (1965).

En la actualidad su fabricación se ha convertido en una industria importantísima, sobre todo por la gran demanda de almidones obtenidos de los órganos vegetales. Por eso la industria se ha preocupado de la extracción de dichos productos a partir de los cereales, raíces y tubérculos que los contienen en mayor cantidad. Así en Europa, la fuente más

importante de almidón es la papa; en Brasil se extrae de la tapioca o yuca (casava, especie de *Manihot*); el almidón del sago (*Cyas circinalis*), que crece en las Indias neerlandesas, en Malaya y en el sur de Asia, constituye el tronco de varias palmeras; en los Estados Unidos, es el maíz el que proporciona mayor cantidad, y en el Japón se obtiene del camote y la papa. Pueden conseguirse cantidades menos importantes del sorgo, del trigo y del arroz (RAFOLS, 1985).

Aunque los almidones proceden principalmente de plantas superiores, recientes investigaciones han demostrado que pueden obtener varias clases de sustancias similares a partir de los microorganismos siguientes: *Neisseria perfleva*, *Corynebacterium diphtheriae*, *Torula histolytica*, *Clostridium bitiricum*, *Politomella colca* (RAFOLS, 1985).

2.2.2. Estructura molecular

El almidón se compone de dos tipos de moléculas de polisacáridos, una lineal (amilosa) y otra ramificada (amilopectina). Ambas son homoglicanos de D-glucosa. En el almidón natural, estas moléculas están íntimamente asociadas en gránulos estructurados, microscópicos. Los gránulos pueden contener ambos tipos de almidón, con amilosa en un 15-30% del total. Algunos cereales (maíz, sorgo y arroz) tiene variedades

"córneas", que sólo tienen amilopectina. Se han desarrollado otras variedades en que la amilosa supone un 85% del contenido total del almidón (FENNEMA, 1982).

A. Amilosa

La amilosa es un polímero lineal de residuos de D-glucosa, unidos por enlaces α -1,4, del cual un fragmento se muestra en la Figura 1 (CHARLEY, 1991). En los gránulos de almidón, este polímero está presente bajo forma cristalina, debido principalmente al gran número de enlaces hidrógeno existentes entre los grupos hidroxilo. Los enlaces hidrógeno de la amilosa también son responsables de la adsorción de agua y de la formación de geles, en el curso de la retrogradación, después de la gelatinización (CHEFTEL, 1980).

El peso molecular de la amilosa varía según su origen botánico, el cuidado puesto en su aislamiento y el método utilizado. Se considera que los valores válidos para la amilosa son de 1,1 a 1,9 millones de daltons. En general, parece que las amilasas de las raíces y tubérculos tienen pesos moleculares mayores que los de los cereales (FENNEMA, 1982).

El yodo interactúa con la amilosa produciendo un fuerte color azul característico debido al complejo que se forma entre una molécula de este elemento con cada

7-8 moléculas de D-glucosa. Se requiere un mínimo de 40 moléculas de D-glucosa para desarrollar perfectamente el color azul, por lo que las cadenas de amilosa de bajo peso molecular producen un color rojo con el iodo (BADUI, 1984).

B. Amilopectina

La mayoría de los enlaces entre las unidades de D-glucosa de la amilopectina son del tipo α -(1 \rightarrow 4), como en la amilosa. Además, un 4-5% de las unidades de glucosa están unidas a α -(1 \rightarrow 6) y dan una estructura ramificada creciente. La isomaltosa es el disacárido que contiene el enlace de ramificación (FENNEMA, 1982).

FOSTER (1965) y RAFOLS (1985), puntualizaron que es extremadamente heterogéneo el peso molecular y, probablemente, el grado de ramificación de la amilopectina aislada por las técnicas de que hoy se dispone. Las mejores valoraciones del peso molecular de la amilopectina (por difracción) alcanzan valores que van de 10 a más de 200 millones de daltons.

La ramificación ocurre a intervalo de entre 15 y 30 residuos de glucosa. El enlace se establece entre el carbono 1 de la rama y el carbono 6 del residuo de glucosa al que se une la ramificación, como se observa en la Figura 2 (CHARLEY, 1991).

Durante la cocción la amilopectina absorbe mucha agua y es, en gran parte responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón. Así los gránulos ricos en amilopectina son más fáciles de disolver en el agua a 95°C, que los que contienen mucha amilosa. Debido al incremento estérico, las moléculas de amilopectina no tienen tendencia a la recristalización y por lo tanto poseen un elevado poder de retención de agua, contrariamente a las de amilosa. Las soluciones de amilopectina no retrogradan (CHEFTEL, 1980). El Cuadro 5, indica los contenidos habituales de amilosa y amilopectina, en almidones naturales.

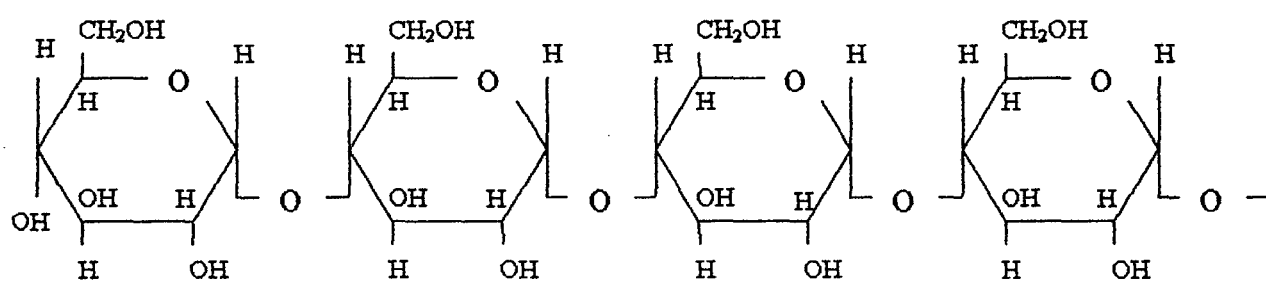
CUADRO 5: CONTENIDO EN AMILOSA Y AMILOPECTINA DE ALMIDONES NATURALES

| ALMIDONES | AMILOSA (%) | AMILOPECTINA (%) |
|--------------------|-------------|------------------|
| Papa | 23 | 77 |
| Yuca | 20 | 80 |
| Trigo | 20 | 80 |
| Arroz | 15-35 | 65-85 |
| Sorgo | 25 | 75 |
| Maíz | 25 | 75 |
| Maíz céreo * | 0 | 100 |
| Amilomaíz * | 77 | 23 |
| Guisantes | 40 | 60 |
| Plátano | 17 | 83 |
| ■ Semilla de umarí | 12.5 | 87.5 |

* Obtenidos por modificaciones genéticas

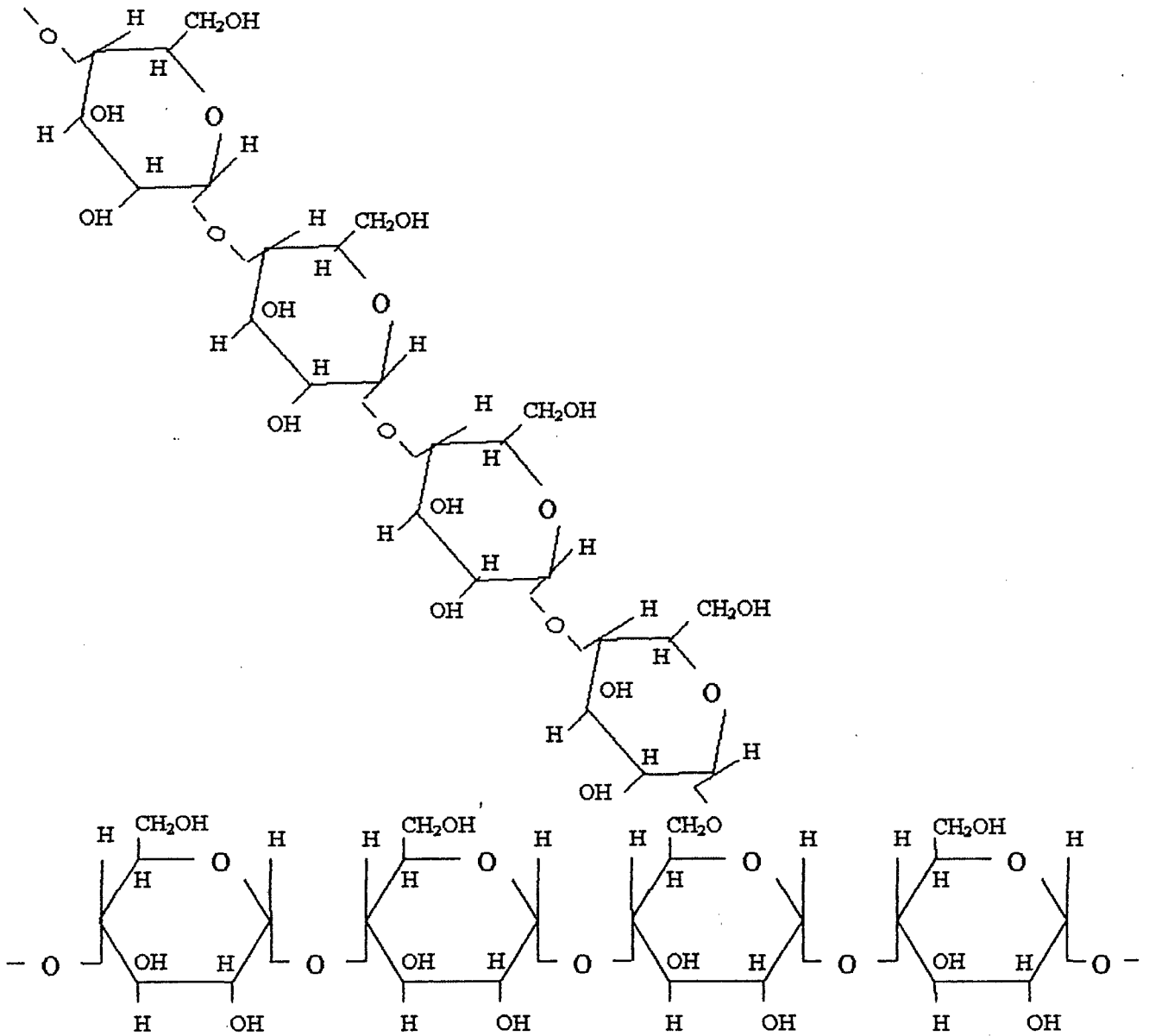
Fuentes: CHEFTEL, (1980)
■ AGUIRRE, (1992)

FIGURA 1: FRAGMENTO DE AMILOSA



Fuente: CHARLEY (1991)

FIGURA 2: FRAGMENTO DE AMILOPECTINA



Fuente : CHARLEY (1991)

En el siguiente cuadro se observa las propiedades físicas y químicas de la amilosa y amilopectina.

CUADRO 6: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA AMILOSA Y AMILOPECTINA

| PROPIEDADES | AMILOSA Componente lineal | AMILOPECTINA Componente ramificado |
|--|--------------------------------|---|
| Peso molecular | 10000-60000 | 30000-1000000 |
| Proporción en almidón | 10-20 | 80-90 |
| Determinación del grupo final aldehído | Un grupo final por molécula | Un grupo final por 20 a 30 unidades glucosa |
| Película derivado acetilado | Elástico sólido | Quebradizo |
| Acción de la amilosa | Hidrolizada por enzima 100% | Hidrolizado por enzima al 60% |
| Comportamiento en el agua | Fase sólida y líquida separada | Formas pastosas |
| Reacción Iodo | Color azul | Color rojo violeta |

Fuente: **KERR** (1950).

2.2.3. Propiedades físicas y químicas de los almidones

A. Aspecto microscópico y tamaño del gránulo

Estos gránulos son esferocristales visibles al microscopio electrónico, que dan con rayos X redes de difracción, contienen muy poca agua y su tamaño varía entre 5 μm (arroz) a 100 μm (5 a 100 μm , en el caso de la papa, 5 a 25 μm en el caso del maíz), **CHEFTEL** (1980).

El tamaño y la forma del gránulo son muy característicos de cada especie botánica, por lo que se han desarrollado diferentes métodos microscópicos para identificar el origen de los distintos almidones (ver Cuadro 7), **BADUI** (1984).

En muchos casos, la observación de la forma microscópica de los gránulos de almidón de las diferentes especies botánicas muestra que son tan particulares, que la identificación sólo es posible por este método. Características particulares son el tamaño, forma y uniformidad de los gránulos, la localización (céntrica o excéntrica) del hilo (punto sencillo o intersección de dos líneas cortas); la presencia o ausencia de capas que, total o parcialmente envuelven al hilo; el aspecto de los gránulos a la luz polarizada (birrefringencia), **FENNEMA** (1982).

B. Solubilidad y poder de hinchamiento

El almidón en el estado natural es insoluble en agua fría, pero parece absorber cerca del 25 a 30% y no se hincha apreciablemente. Con la elevación de la temperatura las ligaduras de hidrógeno que tienen estructura micelar unido junto a las moléculas solventes en agua tienden a disociarse. Las pequeñas moléculas se disocian a un nivel de energía más alto y pueden saturar la estructura del almidón. Durante el hinchamiento, las

moléculas libres de amilosa y algunas moléculas libres de amilopectina de bajo D.P. (poder disolvente) abandona el gránulo por difusión.

El rompimiento de la estructura del gránulo del almidón, cuando se somete al calor en solución acuosa, tiene lugar en tres fases diferentes:

- 1º. En la primera fase absorbe agua lenta y reversiblemente; se aprecia un hinchamiento limitado y el gránulo retiene su apariencia característica y birrefringencia. Una vez enfriados y secos no se observa cambios.
- 2º. En la segunda fase del hinchamiento el gránulo se hincha repentinamente, aumenta su volumen muchas veces, absorbe agua en cantidad y pierde su birrefringencia; aquí se observa un incremento rápido de su viscosidad y una vez enfriados los gránulos se alteran en sus apariencias y muchos de ellos pierden su estructura y birrefringencia.
- 3º. La tercera fase tiene lugar cuando se aumenta la temperatura, los gránulos se vuelven como bolsas sin forma, la parte más soluble del almidón están llenos de gránulos hinchados, que cuando se enfrian forman un gel rígido (KERR, 1950 citado por RAFOLS, 1985).

C. Gelatinización

De una manera lenta, a través de sus zonas amorfas, los gránulos de almidón absorben diferentes cantidades de agua, según la especie y las proporciones de las dos fracciones constitutivas. El gránulo, en presencia de agua fría, se hincha y aumenta ligeramente de tamaño, lo cual solo se puede observar en el microscopio. Cuando las suspensiones de almidón se calientan a temperaturas de más de 50-55°C, los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas se rompen y continúa la absorción de una mayor cantidad de agua, en un fenómeno conocido como gelatinización. En estas condiciones se puede apreciar visualmente un aumento considerable del tamaño del gránulo que va paralelo a la pérdida de la birrefringencia debido a una ruptura del arreglo radial de los polímeros (BADUI, 1984).

La temperatura a la que el gránulo de almidón comienza a hincharse rápidamente y a perder birrefringencia se denomina "temperatura de gelatinización" llamada con mayor propiedad "margen de gelificación", porque dentro de la muestra los gránulos individuales de almidón difieren no solo en tamaño y forma, sino también en la necesaria energía para que se produzca el hinchamiento. Debido a que los almidones de diferentes orígenes muestran distintos márgenes de gelificación (ver Cuadro 7), esta propiedad es útil para

identificarlos (FENNEMA, 1982).

En general, los gránulos pequeños se gelatinizan de manera más lenta y a temperaturas más altas que los gránulos mayores (RAFOLS, 1985).

CUADRO 7: MARGENES DE GELIFICACION Y TAMAÑO DE GRANULO DE DIFERENTES ALMIDONES ALIMENTICIOS

| ORIGEN | TEMPERATURA DE GELATINIZACION | TAMAÑO DE GRANULO (micras) |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Papa | 58 - 67 | 5 - 100 |
| Yuca | 51 - 65 | 5 - 35 |
| Trigo | 58 - 64 | 11 - 41 |
| Arroz | 62 - 78 | 2 - 5 |
| Sorgo céreo | 67 - 74 | 5 - 25 |
| Maíz | 62 - 72 | 5 - 25 |
| Maíz rico en amilosa | 67 - 80 | 5 - 25 |
| Maíz céreo | 63 - 72 | 5 - 25 |
| * Semilla de umarí | 60 - 70 | 7 - 30 |

Fuentes: BADUI, (1984)
* AGUIRRE, (1992)

D. Retrogradación

El fenómeno de retrogradación se define como la insolubilización y precipitación espontánea de las moléculas de amilosa, debido a que las cadenas lineales se orientan paralelamente e interacciona con ellas por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos (BADUI, 1984).

Cabe considerar a la retrogradación como una progresión normal hacia la solidificación de un gel de

almidón. La temperatura, tamaño, grosor y concentración de las moléculas del almidón y la presencia de otros componentes influyen en la velocidad y grado de retrogradación (FENNEMA, 1982).

La retrogradación se puede efectuar por dos rutas diferentes que dependen de la concentración y de la manera de enfriamiento de la dispersión de almidón. Una solución concentrada caliente forma un gel rígido irreversible cuando se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente, o bien las soluciones diluídas se vuelven opacas y forman precipitados cuando se dejan reposar y enfriar lentamente. Cada almidón tiene una diferente tendencia a la retrogradación, lo cual está directamente relacionado con su contenido de la fracción de amilosa. La retrogradación de la amilopectina es más difícil debido a que sus ramificaciones impiden la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas paralelas; sin embargo, su insolubilización se produce cuando las soluciones de amilopectina se congelan y descongelan continuamente (BADUI, 1984).

La amilosa tiende a retrogradarse más fácilmente que la amilopectina, formando agregados insolubles de soluciones diluidas y geles irreversibles de soluciones concentradas (RAFOLS, 1985).

E. Viscosidad

Para fines industriales, los almidones se caracterizan por la viscosidad o fluidez de las suspensiones, o por la firmeza de sus geles. Las viscosidades se miden con diversos instrumentos denominados viscosímetros; se obtiene una clasificación exacta de la naturaleza de la pasta de almidón comprobando las distintas viscosidades en las suspensiones de agua a medida que la temperatura aumenta y regulando la agitación en tiempos perfectamente definidos (RAFOLS, 1985).

Debido a que la viscosidad depende en principio de la colisión y rotura de los gránulos hinchados, la temperatura a la que aparece notable aumento, así como los posteriores cambios, está supeditada fundamentalmente a la concentración inicial de la suspensión del almidón. También quedan involucradas en los cambios de viscosidad el tamaño de los gránulos, las fuerzas internas que mantienen las moléculas juntas dentro del gránulo y el efecto de los demás constituyentes del sistema (FENNEMA, 1982).

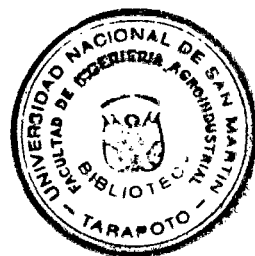
Cuando los gránulos de almidón se exponen al mismo tiempo al calor y a la humedad, hay una "gelatinización"; por encima de 55 - 70°C, los gránulos hinchán debido a una absorción de agua por los grupos

polares hidroxilo, adsorción que en el caso del almidón de maíz, puede alcanzar un 2500%, en relación al peso inicial del almidón. En ese momento la viscosidad de la suspensión de almidón aumenta considerablemente, porque los gránulos hinchados se adhieren los unos a los otros. Si se prolonga el tratamiento hidrotérmico, puede surgir una ruptura de los gránulos, hidrólisis parcial y disolución más o menos completa de las moléculas constituyentes, lo que origina un descenso de la viscosidad (CHEFTEL, 1980; ALEIXANDRE, 1996).

2.2.4. Características de los almidones

POTTER (1978), menciona que los almidones poseen las siguientes características:

1. No son dulces sino neutros.
2. No se disuelven fácilmente en agua fría.
3. Forman pastas y geles en agua caliente.
4. Proporcionan una fuente energética de reserva en las plantas y en la nutrición.
5. Están presentes en semillas y tubérculos en forma de gránulos característicos de almidón.



6. Por su viscosidad se emplean para espesar alimentos.
7. Sus geles se emplean en postres.
8. Sus geles pueden ser modificados por azúcares y/o ácidos.
9. Sus pastas y geles pueden retrogradarse a su forma insoluble al envejecer o congelarse, lo cual causa defectos en los alimentos que los contienen.
10. El desdoblamiento parcial de los alimentos produce las dextrinas.

2.2.5. Importancia y usos del almidón

La función nutricional de los almidones es muy importante porque constituye, después de la hidrólisis digestiva en glucosa, la principal fuente de calorías de la alimentación humana. Asimismo, los almidones tienen un papel importante en la tecnología alimenticia, debido a sus propiedades físico-químicas y funcionales. Se utilizan como agentes espesantes y también para aumentar la viscosidad de las salsas y potajes, agentes estabilizantes de geles o emulsionantes, así como elementos ligantes y agentes de relleno, por ejemplo en las salchichas, donde favorece la retención de agua. El

efecto de los almidones sobre la reología, consistencia y textura de numerosos alimentos, se debe principalmente a sus propiedades hidrocoloidales (CHEFTEL, 1980).

El almidón tiene infinidad de usos, los cuales pueden ser en alimentos y para fines industriales. En alimentos, como ingredientes de diversos productos en panificación y galletería. En productos auxiliares para la industria:

- Como apresto en la industria textil y de papel.
- En la industria farmacéutica, para dar formas y consistencia a las pastillas y como vehículos de los medicamentos.
- En la fabricación de caramelos y confites para facilitar el moldeo.
- Como adsorbentes de aceites, grasas y agua.
- Como materia prima básica para otras sustancias como de almidones modificados, dextrinas, jarabes, pegamentos, acetona, alcohol etílico.
- En la industria de levaduras. En la industria cervecera para reemplazar hasta 1/3 de malta.
- Para la fabricación de fideos y pastas alimenticias (ECHECOPER, 1968).

2.2.6. Almidones modificados

Los almidones se usan ampliamente en la industria alimentaria como agentes gelificantes, estabilizadores, emulsificantes, humectantes y espesantes; sin embargo, no siempre se pueden emplear en su forma natural, sino que en muchos casos se requiere de una modificación física o química para poder obtener de ellos las propiedades funcionales deseadas. Existen diferentes tipos de almidones modificados, entre los cuales los principales son los hidrolizados, pregelatinizados, oxidados, acetilados y entrecruzados. En la obtención de cada uno ellos, el almidón sufre algunas alteraciones en su estructura química que cambian las propiedades físicas y químicas que originalmente tiene en forma nativa. La industria utiliza los diferentes almidones modificados de acuerdo con las condiciones de temperatura, pH, sales, presencia de otros compuestos, etc., de cada alimento, de tal forma que muchos han sido desarrollados para propósitos muy específicos como por ejemplo, soportar varios ciclos de congelamiento-descongelamiento, para impartir distintos grados de viscosidad, ser resistentes a condiciones muy ácidas, etc. (BADUI, 1984).

Los almidones hidrolizados, se pueden obtener a través de la acción de ácidos diluidos y de enzimas amilolíticas, ya sea en forma individual o conjuntamente

(BADUI, 1984). Con este método se hidrolizan bastantes moléculas en los gránulos, de manera que un calentamiento sucesivo en agua causa rápida fragmentación, con lo que se detiene el gran aumento de viscosidad que se conseguiría con un almidón no tratado. El grado de esta hidrólisis es controlable para dar un producto con el grado deseado de fluidez. Los almidones modificados por los ácidos se emplean en la fabricación de caramelos de goma de almidón (por ejemplo, perlas de goma), ya que permiten verter fácilmente en los moldes concentrados, calientes y de pequeña viscosidad, aunque con el tiempo y al enfriarse forman geles firmes (FENNEMA, 1982).

Los almidones pregelatinizados son aquellos que simplemente se han precocido y secado sobre rodillos para dar productos que se dispersan rápidamente en agua fría y conseguir suspensiones moderadamente estables (FENNEMA, 1982).

Se utilizan en las salchichas y para alimentos infantiles deshidratados, de rehidratación "instantánea" (CHEFTEL, 1980).

Por otra parte, los almidones oxidados se obtienen por una reacción de oxidación efectuada con hipoclorito de sodio en la cual los grupos hidroxilo son clorados, por lo que a este proceso también se le conoce

con el nombre de cloración. La oxidación de los almidones es un proceso al azar a través del cual los hidroxilos de las unidades de D-glucosa se transforman en grupos aldehídos, cetonas y carboxilos (BADUI, 1984).

Los almidones oxidados se utilizan sobre todo como materiales para aprestos y otras aplicaciones industriales. La oxidación puede realizarse mediante cualquier agente oxidante; los más empleados son los iones peróxido e hipoclorito. Cuando se usan hipocloritos se añaden sales sódicas o cálcicas a la pasta de almidón ligeramente alcalinizada, produciéndose la reacción entre 30 y 50°C hasta alcanzar el grado de oxidación deseado. Luego se agrega bisulfito sódico para neutralizar el exceso de agentes oxidantes. Los productos comerciales conservan sus estructuras granulares y se colorean con el yodo. Aun cuando la cantidad de oxidación sea pequeña, sus propiedades como pasta se han alterado considerablemente. Estos almidones tienen un tiempo de cocción más breve, menos viscosidad, mayor adhesividad, menor grado de congelación y dan suspensiones de mayor claridad que el primitivo (RAFOLS, 1985).

Cualquier compuesto bifuncional capaz de reaccionar simultáneamente con dos o más grupos hidroxilos, es capaz de establecer estos **enlaces cruzados**, pero en comparación se utilizan pocos

reactivos para preparar almidones de este tipo. Estos reactivos son epiclorhidrina, oxiclорuro de fósforo, acroleína, trimetafosfato de sodio, anhídrido succínico y anhídrido adípico. Cuanto mayor es la cantidad de agente enlazante, mayor es la inhibición al hinchamiento. El solo enlace cruzado no previene la retrogradación, especialmente durante la refrigeración y deshielo; por éso, muchas veces se incorporan durante estos procesos unos cuantos **grupos acetilo**, hidroxipropilo u ortofosfato monoesterificados. De esta manera se consigue un amplio margen de propiedades modificadas según el almidón de origen, el reactivo empleado para el proceso, el grado de enlace y la introducción de otros distintos sustituyentes (FENNEMA, 1982).

2.2.7. Proceso de obtención del almidón

Los procesos de obtención, aunque en esencia siguen líneas generales análogas, presentan pequeñas diferencias según la materia prima que se utilice (RAFOLS, 1985).

Entre los procedimientos industriales de fabricación del almidón de raíces y tubérculos se tiene los siguientes métodos:

- a. Por acción bioquímica
- b. Por desintegración mecánica

El método por acción bioquímica consiste en que los tubérculos son sometidos a un proceso de fermentación o pudrimiento durante cierto período. Luego son machacados para ser transformados en una pulpa. Se separa después el almidón de la pulpa por medio de lavados sucesivos con agua limpia. Este método de elaboración de almidón de raíces y tubérculos fue empleado principalmente en China y los Estados Malayos a principio del siglo XIX.

El método por desintegración mecánica consiste en someter a los tubérculos previo lavado, a máquinas ralladoras o molinos desintegradores especiales. Así se forma una pulpa que es lavada sobre tamices para separar la fibra gruesa. La lechada es sometida a un proceso de purificación en extractores centrífugos o canales de sedimentación.

Ambos métodos persiguen esencialmente lograr la ruptura de las células para poner en libertad los gránulos de almidón que lo contienen. Es casi imposible evitar que gran cantidad de estas células escapen a esta ruptura y por lo tanto llevan consigo cierta cantidad de almidón al residuo fibroso, con la consiguiente baja en

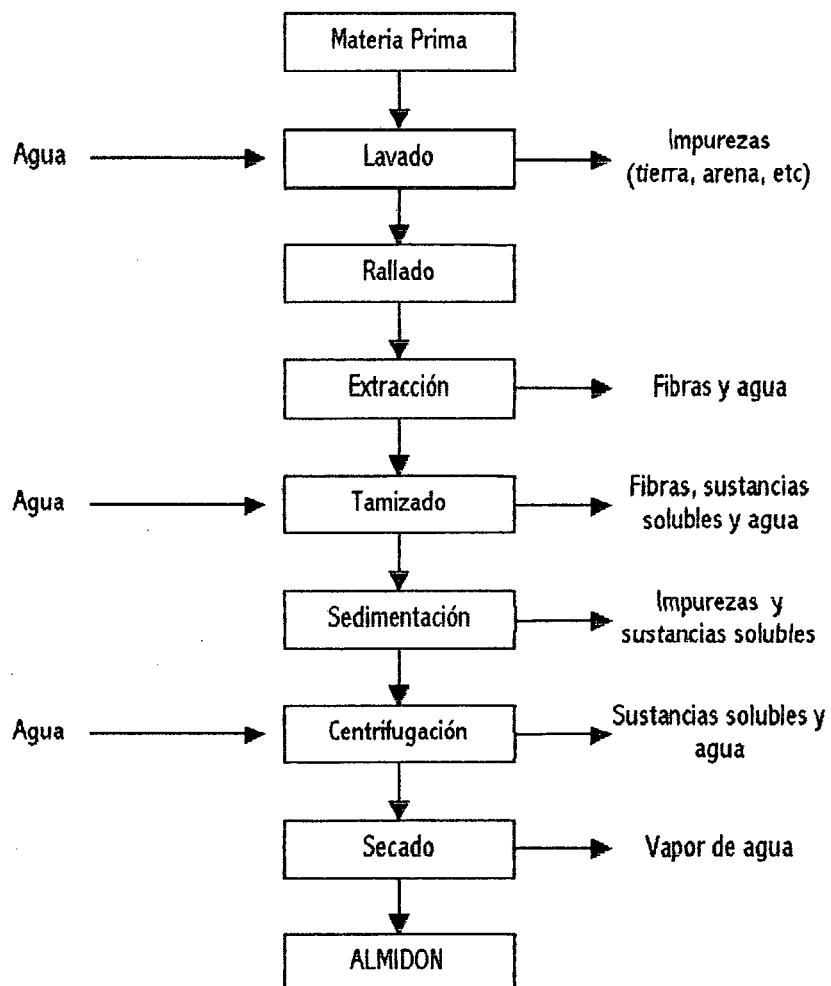
el rendimiento de almidón.

En el método bioquímico se obtiene un almidón de inferior calidad. Se hace necesario depósitos de fermentación y se usa para la producción en pequeña escala.

En el método por desintegración, el almidón es de calidad superior. Al emplear mecanismos técnicos facilita un continuo control del proceso para mejorar el producto y producir en gran escala (CUEVA, 1961; citado por LOAYZA, 1981).

La Figura 3 presenta en forma esquemática la obtención de almidón a partir de raíces y tubérculos.

FIGURA 3: FLUJOGRAMA DE OBTENCION DE ALMIDON DE RAICES Y TUBERCULOS POR VIA HUMEDA



Fuente: LOAYZA (1981)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La fase experimental de la presente investigación se realizó en los laboratorios de Análisis y Composición de los Alimentos (ANACOMPA), Tecnología de Productos Agroindustriales No Alimentos (TEPANAL), Microbiología y Fermentaciones y Control de Calidad, de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, durante los meses de Setiembre 1998 - Setiembre 1999.

3.2. MATERIA PRIMA

Los frutos de mango (*Mangifera indica L.*), variedad "criollo", fueron obtenidos de las huertas de Tarapoto y fundos aledaños de la misma.

3.3. EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza de triple barra Ohaus, capacidad 2610 Kg, exactitud 0.1 g, U.S.A.
- Licuadora marca Oster.
- Molino manual, marca Corona.

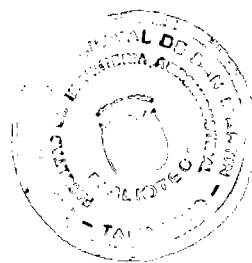
- Tamizador vibratorio Soiltest Inc., mallas ASTM E-11, England.
- Selladora de bolsas plásticas.
- Centrífuga Damon/Iec División, modelo HN./SII, 1/7 HP, máximo 9000 RPM, USA.
- Autoclave vertical, marca Hirayama, 220 V, Japan.
- Espectrofotómetro SPECTRONIC 20D, marca Milton Roy.
- Digestor Büchi para proteínas, tipo B-A25, Suecia.
- Destilador Selecta para proteínas, modelo 627, USA.
- Microscopio tetraocular, marca CARL ZEISS JENA, modelo LABOVAL 4, con dispositivo microfotográfico Alemán.
- Mufla thermolyne 1500, modelo FD1520M-1, T° máxima 1200°C, U.S.A
- Estufa Memmert, tipo U80, T° máxima 254°C, Germany.
- Baño maría Memmert, tipo W-350, T° máxima 100°C, Germany.

- Balanza digital Sartorius GmbH Göttingen, tipo 1601A MP8-1, capacidad 110 g, exactitud 0.1 mg, Germany.
- Balanza digital Denver Instrument Company, AA-200, capacidad 210 g, exactitud 0.1 mg, U.S.A.
- Potenciómetro Hanna Instruments, modelo HI 9318, pH: 0-14, mv \pm 1999, programable, U.S.A.
- Agitador magnético Nouva II, modelo N^o 518520-26, U.S.A.
- Cocina eléctrica Fisher, modelo 200M, T^o máxima 600°C.
- Bomba para vacío Gast-Mfg Corp., modelo N^o 0211-U4SM-6218C, U.S.A.
- Equipo de filtrado (matraz Kitazato, embudo buchner).
- Extractor Soxhlet.
- Tamices ASTM E-11, N^o 80 y N^o 100.
- Campanas desecadoras de vidrio.

- Termómetros (-10 a 110°C).
- Viscosímetro rotacional, VISCOSTAR R, marca FUNGILAB.
- Equipo de titulación o valoración.
- Estufa de incubación, marca Memmert, modelo 450 W. Alemania.
- Estufa de esterilización, marca Selecta, modelo 800W. España.
- Cuchillos de acero inoxidable.
- Baldes plásticos.
- Tela fina.
- Materiales de vidrio y reactivos específicos para cada método de análisis.

3.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para la obtención de almidón de la almendra del mango (*Mangifera indica L.*), variedad criollo, se siguió el flujograma preliminar que se muestra en la Figura 4.



3.4.1. Materia prima

El fruto de mango se recolectó de las huertas de la ciudad de Tarapoto y fundos cercanos a la misma, todos en estado de madurez fisiológica.

3.4.2. Selección y/o clasificación

Esta operación se realizó en forma manual y consistió en separar los frutos en grupos con diferentes características de calidad, basado en el tamaño, forma y carencia de defectos; destinándose para el proceso aquellos de tamaño uniforme, forma arriñonada y libres de podredumbre y magulladuras.

3.4.3. Separación de la semilla del fruto

Después de ser utilizada la pulpa, se separó la semilla. Luego éstas se lavaron con agua potable hasta eliminar la mayor parte de los azúcares presentes en su superficie. Seguidamente se expusieron al sol durante 24 horas para lograr un secado que facilite la separación de la almendra del endocarpo fibroso y del escutelo.

3.4.4. Extracción de la almedra

Se realizó manualmente, con la ayuda de

cuchillos de acero inoxidable.

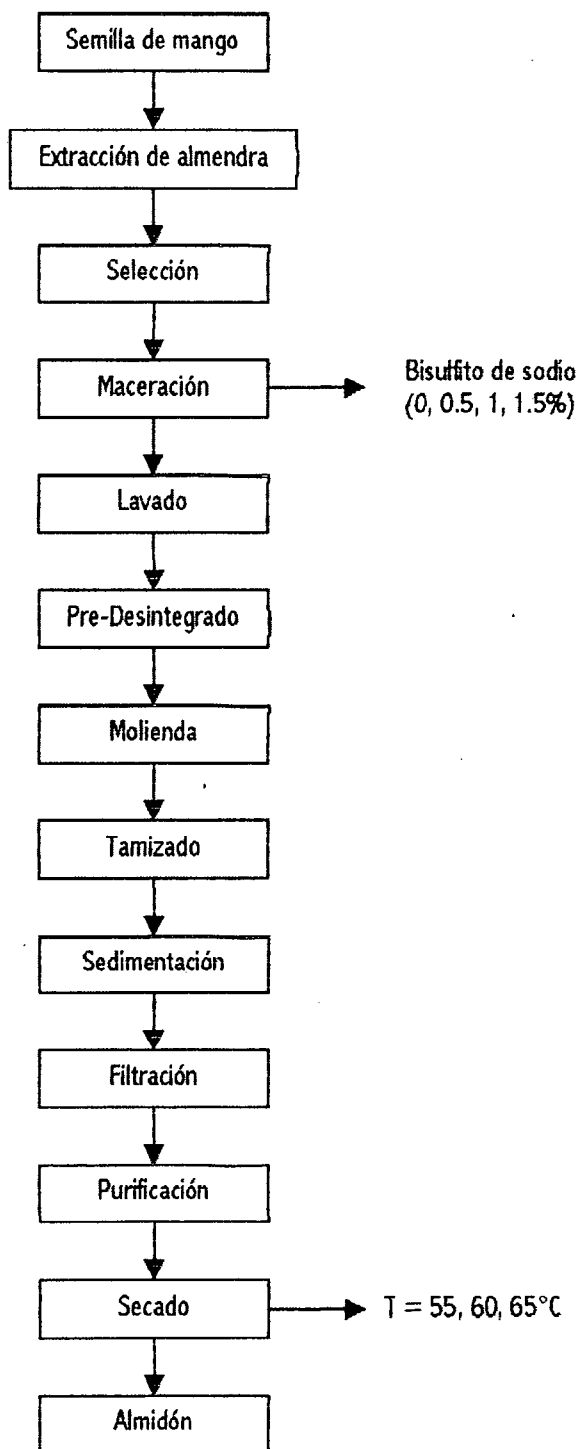
3.4.5. Selección de las almedras

En principio, es muy importante que la almendra se encuentre fresca, sin ningún deterioro aparente, ya que ésto influye en las características del producto final. Se descartaron las almendras con presencia de manchas y puntos negros y aquellos que se observaron oscuras.

3.4.6. Maceración

Las almendras seleccionadas se colocaron en una fuente plástica que contenía una solución de bisulfito de sodio (SO_3HNa) al 0, 0.5, 1 y 1.5%, en volumen suficiente que cubra las almendras, por un tiempo de 48 horas. El bisulfito de sodio se utilizó como un agente antioxidante, para inactivar las enzimas, evitar la fermentación, prevenir la actividad microbiológica y ayudar al blanqueo del almidón con la eliminación de taninos. Para establecer el efecto de la concentración de bisulfito de sodio, las almendras sulfitadas fueron comparadas con el color de la almendra fresca y analizados en cuanto a sulfito residual (expresado como SO_2) y porcentaje de tanino eliminado, luego de ser deshidratados a 60°C y molidas.

FIGURA 4: FLUJOGRAMA PRELIMINAR PARA OBTENCION DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (*Mangifera indica* L.), VARIEDAD CRIOLLO



3.4.7. Lavado

Se efectuaron varios lavados con agua destilada con la finalidad de eliminar los residuos de bisulfito de sodio y algunas impurezas adheridas a las almendras.

3.4.8. Pre-Desintegrado

Las almendras fueron cortadas en pedazos en forma manual con la ayuda de cuchillos de acero inoxidable, operación que es de suma importancia porque permite reducir la almendra a tamaños más pequeños para facilitar el licuado.

3.4.9. Licuado

Las almendras cortadas fueron transformadas en partículas pequeñas adicionando agua, con el fin de facilitar la extracción del almidón. Esta operación se realizó con ayuda de una licuadora.

3.4.10. Tamizado

La pasta proveniente del licuado se hizo pasar a través de una tela fina. Se utilizó agua con bisulfito de sodio al 1% para evitar el empardecimiento del almidón y optimizar su extracción.



3.4.11. Sedimentación

Se efectuó por gravedad. El líquido sobrenadante se sifoneó con mucho cuidado, después de unas horas de reposo, el residuo se lavó con abundante agua y se dejó que resedimente.

3.4.12. Filtración

Una vez obtenida una buena precipitación se sifoneó y el residuo se filtró al vacío por contener mucha agua.

3.4.13. Purificación

Se ensayaron en el laboratorio diversos tratamientos para la purificación del almidón, con la finalidad de obtener un almidón que cumpla con las normas técnicas exigibles por ITINTEC (1974), logrando así mejor textura, color y disminución en el contenido de grasa y proteínas (Anexo 5).

En cuanto al desgrasado, se efectuaron tres lavados con etanol al 95% y extracción con hexano en tres etapas en frío.

El desproteínizado se realizó con solución buffer de pH 10.1, según DAS, (1952). También con NaOH

1 N recomendado por EL SAADANY, (1980). Luego se lavó con NaOH 0.2 N y HCl 0.2 N.

3.4.14. Secado

Luego de la purificación se procedió a secar para obtener un almidón con la humedad requerida. Se ensayaron 3 temperaturas: 55, 60 y 65°C. Para definir la temperatura óptima de secado, las tres muestras se llevaron a una Evaluación Sensorial a Escala Hedónica y los resultados fueron analizados estadísticamente mediante un ANVA para un Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA) y las diferencias existentes mediante prueba de DUNCAN al 5%.

3.5. METODOS DE ANALISIS

3.5.1. De la materia prima

A. Análisis físico

- a. Composición física del fruto, tomando peso de las partes del fruto y expresados en porcentaje.
- b. Biometría, tomando medidas de peso y tamaño (longitud, ancho y altura) de un grupo de 100 semillas, elegidos al azar; la forma se determinó por similitud de éstas con objetos de forma

conocida.

- c. Composición física de la semilla, tomando peso de las partes de la semilla y expresada en porcentaje.

B. Análisis químico proximal

- a. Humedad; por el método de secado en estufa a 105°C y a presión atmosférica, hasta peso constante (A.O.A.C., 1979).
- b. Proteína total; por el método semi-microKjeldahl (%N*6.25) (A.O.A.C., 1979).
- c. Grasa total; por el método Soxhlet, empleando Hexano como solvente (A.O.A.C., 1979).
- d. Cenizas totales, por incineración de la muestra en mufla a 550°C durante 24 horas (A.O.A.C., 1979).
- e. Fibra bruta; por el método Henneberg (o gravimétrico) mediante hidrólisis ácido-alcalino (A.O.A.C., 1979).
- f. Carbohidratos; por diferencia de peso.

C. Determinación de taninos

Se efectuaron dos extracciones: la primera con una mezcla de alcohol-hexano (2:1) y la segunda con agua destilada. El extracto fue sometido a un análisis cualitativo, para determinar el tipo de tanino presente en la muestra mediante reacciones colorimétricas y formación de precipitado (ver Cuadro 8). Posteriormente se realizó el Análisis Cuantitativo por el método de Stiasny y se determinó el porcentaje de tanino en la muestra inicial, ASTM (1990).

CUADRO 8: REACCION CUALITATIVA DE TANINOS

| R E A C T I V O | TIPO DE TANINO | |
|------------------|--------------------|--------------------|
| | HIDROLIZABLE | CONDENSABLE |
| Cloruro férrico | Violeta-azul | Verde |
| Acetato de plomo | Precipitado | No hay precipitado |
| Formalina | No hay precipitado | Precipitado |

3.5.2. Del almidón

A. Análisis físico-químico

- a. Análisis químico proximal; mediante los métodos empleados en el Análisis Químico Proximal de la materia prima.
- b. pH; método potenciométrico.

- c. Acidez titulable; mediante valoración (INDECOPI-ITINTEC, 1987).
- d. Sulfito residual; según la técnica descrita por PEARSON (1986).
- e. Densidad aparente; determinando el peso y el volumen del almidón, éste último en probeta graduada.
- f. Determinación de color; este análisis se realizó tomando como base la norma INDECOPI-ITINTEC 209.073, 1974, que se basa en la comparación visual del almidón o analizar con un almidón patrón, en este caso almidón de maíz.
- g. Aspecto microscópico y tamaño del gránulo; para determinar la forma de los gránulos, se observaron los gránulos del almidón en un microscopio tetraocular marca CARL ZEISS JENA, modelo laboval 4 con cámara fotográfica incorporada, según método descrito por AGUIRRE (1992).

En cuanto al tamaño del gránulo, se determinó comparativamente, mezclando una gota de solución de almidón al 0,5% con otra de sangre, observando en el microscopio y determinando las veces que un glóbulo rojo de 7.5 μm en promedio, hace el tamaño

de un gránulo de almidón.

- h. Temperatura de gelatinización, se siguió el método descrito por **MAC MASTERS** en **WHISTLER et al.** (1964).
- i. Viscosidad; mediante viscosímetro rotacional, modelo VISCOSTAR-R.
- j. Determinación de porcentaje de amilosa - segundo método propuesto por **WILLIAMS et al** (1970) y modificado por **PLATA-OVIEDO** (1998). Exactamente 20.0 ± 0.02 mg (b.s.) de almidón desengrasado (extracción Soxhlet con metanol 90% por 24 horas) fueron colocados en un vaso de 50 ml y disueltas con 10 ml de KOH 0.5 N con agitación magnética por 30 minutos.

La dispersión fue cuantitativamente transferida a un balón volumétrico de 100 ml, completándose el volumen de agua destilada. Una alícuota de 10 ml de esta solución fue transferida a un balón volumétrico de 50 ml, y en secuencia fueron adicionados 5 ml de HCl 0.1N, 20 ml de solución de tartrato de sodio y potasio a 0.4%, 0.5 ml de solución de I₂/KI (0.2 g/2.0 g en 100 ml) y agua destilada hasta completar el volumen. El balón fue agitado y después de 30 minutos de descanso fue puesto a lectura de absorvancia a 625 nm. Como

blanco fue usada una solución de 50 ml (balón volumétrico) conteniendo 0.5 ml solución de I_2/KI (0.2/2.0 g en 100 ml) y 20 ml de solución de tartrato de sodio y potasio a 0.4%.

Con este valor de absorvancia intersectamos la curva patrón (Anexo 1) y encontramos la concentración (mg) de amilosa, para luego calcular el % de la misma en la muestra.

B. Análisis microbiológico

- a. Numeración de mohos y levaduras, por el método de recuento en placas, utilizando como medio de cultivo OGA (MOSSEL-QUEVEDO, 1967).
- b. Número total de gérmenes aerobios viables, por el método de recuento de placas, utilizando como medio de cultivo Agar Recuento (MOSSEL-QUEVEDO, 1967).

C. Análisis sensorial

Se realizó mediante prueba sensorial, usando la Escala Hedónica de 5 puntos. El panel estuvo conformado por 10 personas no entrenadas (Estudiantes del X Ciclo y egresados de la FIAI), a quienes se indicó en qué consistía la prueba y los objetivos de la misma. Las muestras de almidón fueron presentadas en placas Petri,

a razón de 20 g por muestra. Los panelistas evaluaron las características de color, olor, textura (grado de finura al tacto) y aspecto general del almidón. El formato del Anexo 2 se usó para evaluar las temperaturas de secado ($T_1 = 55^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 60^{\circ}\text{C}$ y $T_3 = 65^{\circ}\text{C}$). Con los datos obtenidos de las evaluaciones se efectuó el Análisis de Varianza para un DBCA, haciendo uso de la Prueba de F y con la finalidad de encontrar las diferencias significativas entre una y otra combinación se hizo uso de la Prueba de Duncan al 5%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACION DE LA ALMENDRA DEL MANGO

4.1.1. Análisis físico

El fruto está compuesto por tres partes: cáscara, pulpa y semilla. En el Cuadro 9 se muestra el peso y el porcentaje que representa cada uno de ellas.

CUADRO 9: PESO Y PORCENTAJE DE LAS PARTES DEL FRUTO DEL MANGO (*Mangifera indica* L.) VARIEDAD CRIOLLO

| PARTES | PESO (g) * | PORCENTAJE (%) |
|------------|------------|----------------|
| Fruto | 231.5100 | 100.00 |
| Cáscara | 50.4600 | 21.80 |
| Pulpa | 141.2800 | 61.02 |
| Semilla | 39.7700 | 17.18 |
| - Carozo | 11.5890 | 5.00 |
| - Almendra | 26.3834 | 11.40 |
| - Cutícula | 1.7976 | 0.78 |

* Valores promedio de 100 frutos (semilla fresca).

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 9 se observa que el mango criollo en estudio tiene un peso promedio de 231.51 g, ligeramente mayor a la variedad Cambodiana (215 g), Carne de Ica (215.6 g); pero menor a las variedades Haden (362 g) y Corazal (345 g), considerando por tal motivo de tamaño mediano, tal como se puede apreciar en el Cuadro 1, según TELGE (1961).

Con respecto al porcentaje de pulpa, tal como se puede observar, representa el 61.02% que es un porcentaje inferior a los valores reportados en el Cuadro 1 con respecto a las otras variedades, siendo el de mayor rendimiento en pulpa la variedad Haden (86.4%). En cuanto a la cáscara, que representa el 21.8%, es un valor superior a los mencionados por TELGE (1961) de otras variedades, conteniendo el menor porcentaje la variedad Carne de Ica (6.8%). La semilla, que es la parte que interesa, en la variedad criollo representa el 17.18%, que es un valor mayor a los porcentajes en las demás variedades a excepción de la variedad Saygón que tiene 26.5% de semilla, resultando la de menor porcentaje en semilla la variedad Haden (5.3%).

A. Biometría de la semilla

El análisis biométrico de las semillas estuvo referido a la determinación de peso, tamaño y forma, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 10.

Como se observa, la semilla del mango variedad criollo tiene un peso promedio de 30.4939g después de un día de secado al sol, para facilitar la extracción de la almendra.

El tamaño de la semilla se considera mediano y la forma irregular ó por lo general arriñonado.

CUADRO 10: BIOMETRIA DE LAS SEMILLAS DE MANGO (*Mangifera indica* L.) VARIEDAD CRIOLLO

| PARAMETRO | VALORES * |
|-------------|---------------------------------------|
| Peso (g) | 30.4939 |
| Tamaño (cm) | |
| - Longitud | 8.6130 |
| - Ancho | 3.6380 |
| - Altura | 1.9380 |
| Forma | Irregular, por lo general arriñonado. |

* Valores promedio de 100 semillas (semilla después de secada 24 horas al sol).

Fuente: Elaboración propia.

B. Composición física de la semilla

La semilla está compuesta por tres partes principales: carozo (endocarpo fibroso), almendra (cotiledón) y la cutícula (testa). En el Cuadro 11 se reporta el peso y porcentaje de cada una de ellas.

CUADRO 11: PARTES DE LA SEMILLA DE MANGO (*Mangifera indica* L.) VARIEDAD CRIOLLO

| PARTES | PESO (g) * | PORCENTAJE (%) |
|----------|------------|----------------|
| Semilla | 30.4939 | 100.00 |
| Caroza | 8.8859 | 29.14 |
| Almendra | 20.2296 | 66.34 |
| Cutícula | 1.3783 | 4.52 |

* Valores promedio de 100 semillas (semillas secadas al sol 24 horas).

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el cuadro, la almendra, parte más importante de la semilla y materia prima para nuestro trabajo de investigación, representa el 66.34%, considerándose un valor muy aceptable.

4.1.2. Análisis químico proximal

Los resultados del análisis químico de la almendra de mango (*Mangifera indica L.*) se presentan en el Cuadro 12, donde se observa que la almendra del mango presentó un alto contenido de carbohidratos (almidón), que merece ser aprovechado industrialmente. Estos resultados difieren porcentualmente, sobre todo en lo referente a grasa total y fibra, de las determinaciones realizadas por EL SAADANY (1980), el cual reporta 12.99% de grasa y el porcentaje de fibra considera despreciable. Pero no especifica la variedad de mango.

CUADRO 12: ANALISIS QUIMICO DE LA ALMENDRA DE MANGO (*Mangifera indica L.*) VARIEDAD CRIOLLO

| COMPONENTE | BASE HUMEDA | BASE SECA |
|---------------|-------------|-----------|
| Humedad | 40.77 | - |
| Proteína | 3.08 | 5.20 |
| Grasa | 5.74 | 9.69 |
| Carbohidratos | 46.70 | 78.85 |
| Ceniza | 1.27 | 2.14 |
| Fibra | 2.44 | 4.12 |

* Valores promedio de tres repeticiones

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en el cuadro, los porcentajes de proteína y grasa son relativamente altos comparado con otras materias primas, como los cereales y tubérculos así como con la semilla de umarí que contienen valores bajos que facilitan la extracción del almidón sin purificarlo, pero en este caso el trabajo se profundizó en la etapa de purificación, es decir en la eliminación de la grasa y la proteína, que influyen en la pureza del almidón, y de esta manera estar dentro de los límites dados por ITINTEC (1974).

4.1.3. Determinación de tanino

Mediante el análisis cualitativo indicado en el Cuadro 8, se obtuvo un tanino tipo hidrolizable; la reacción con cloruro férrico dio una coloración violeta azul, la reacción con acetato de plomo acético formó un pequeño precipitado y la reacción con solución de formalina no dio ningún precipitado.

El análisis cuantitativo a través del método Stiasny reportó un porcentaje de tanino en la muestra de 1.87%, valor similar a lo determinado por CRUZ (1993) que es de 1.6%.

4.2. DEL PROCESO DE OBTENCION DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO

4.2.1. Maceración

Los resultados de las pruebas experimentales, a las condiciones indicadas en la metodología experimental, se muestran en el Cuadro 13.

CUADRO 13: EFECTO DE LA CONCENTRACION DE BISULFITO DE SODIO SOBRE EL COLOR DE LAS ALMENDRAS, EL % DE TANINO ELIMINADO Y EL CONTENIDO RESIDUAL DE SO₂ EN EL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO

| Concentración de Bisulfito de sodio (%) | Color de la almendra fresca | Color de las almendras después del tratamiento | Contenido de tanino (%) | Tanino eliminado (%) | Contenido de SO ₂ residual (ppm) |
|---|-----------------------------|--|-------------------------|----------------------|---|
| 0.0 | Blanco cremoso | Oscuro | 1.60 | 14.44 | 0 |
| 0.5 | Blanco cremoso | Ligeramente oscuro | 0.96 | 48.66 | 7 |
| 1.0 | Blanco cremoso | Blanco cremoso | 0.00 | 100.00 | 12 |
| 1.5 | Blanco cremoso | Blanco cremoso | 0.00 | 100.00 | 34 |

En el cuadro se observa que la maceración en agua y en bisulfito de sodio 0.5%, no son suficientes para evitar el oscurecimiento de la almendra y la eliminación total del tanino; en cambio a concentraciones de 1.0 y 1.5% las almendras sulfitadas y luego expuestas al ambiente no experimentan ningún cambio de color, demostrando la inactivación completa de las enzimas y la eliminación total del tanino. Por lo tanto la concentración óptima de bisulfito de sodio es de 1.0%, obteniéndose posteriormente almidón de color

muy aceptable y libre del sabor astringente que brinda el tanino y con 12 ppm de SO₂ residual. Este nivel de sulfito residual está por debajo del máximo permitido por INDECOPI (50 ppm) para almidón no modificado de maíz de uso industrial alimenticio y farmacéutico.

4.2.2. Purificación del almidón

La operación de purificación se dividió en 2 partes: el desgrasado y el desproteínizado.

A. Desgrasado

Este proceso se realizó, dado el alto contenido de grasa (4.74% en base seca) del almidón no purificado. Al desgrasarla queda con una concentración de almidón más elevada y con un color mucho más claro. En principio, la grasa se intentó eliminar con etanol al 95% efectuando 3 lavados al almidón con agitación de 10 minutos cada uno, pero no se logró resultados satisfactorios. Posteriormente se hizo una extracción con hexano. La muestra de almidón fue colocada en un vaso de precipitado y se agregó hexano en una proporción de 2:1 (v/w). Se agitó durante 15 minutos. Luego se filtró al vacío. Esta operación se hizo en tres etapas, obteniéndose resultados positivos, disminuyendo el contenido de grasa del almidón en un 87.13%.

B. Desproteinizado

Las proteínas se intentaron eliminar con una solución buffer de pH = 10.1, según DAS (1952). También se intentó eliminarlas con NaOH 1 N, tal como lo recomienda EL SAADANY (1980), pues no se logró resultados positivos, dado que siempre se quemaba la muestra. Se ensayó en el Laboratorio un lavado sucesivo con NaOH 0.2 N y HCl 0.2 N dando un resultado muy satisfactorio y consistió en tomar una muestra de 10 g de almidón y se agregó 50 ml de NaOH 0,2N, se agitó por 15 minutos y se dejó reposar por 10 minutos, observando que la solución toma una coloración verdosa y formación de una pequeña película de aceite, se filtró al vacío lavando con agua destilada, para luego agregar 50 ml de HCl 0,2N, se observa la decoloración del almidón, se procede igual con la soda y luego se seca. Obteniéndose un almidón de color más blanco que antes del desproteinizado y con un contenido de proteína de 0,13%, eliminándose en un 95.67% de la proteína presente en el almidón no purificado.

4.2.3. Secado

La muestra purificada fue deshidratada a temperaturas de 55, 60 y 65°C, hasta una humedad que esté dentro del límite establecido por INDECOPI (10.5 - 12.5% en B.H.), para este caso se logró una humedad de

10.5% en un tiempo aproximado de 8 horas. Para determinar la temperatura óptima de secado, las muestras fueron sometidas a una evaluación sensorial mediante una prueba sensorial de Escala Hedónica por 10 panelistas no entrenados, cuyos resultados y promedios de los atributos evaluados se observan en el Cuadro 14, colocando al tratamiento 2 (60°C) con un calificativo de muy bueno y con un puntaje de 3.95 (cálculos ver Anexo 4).

Los resultados fueron sometidos al Análisis de Varianza (ANVA) para un DECA y a la Prueba de Duncan al 5% para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos. Los resultados del ANVA se encuentran en el Cuadro 15, donde se observa que existe diferencia significativa entre los tratamientos para las características de olor y textura al nivel de 5% de significancia. En lo que se refiere a las características de color y aspecto general, los tratamientos son iguales; pero existe diferencia significativa a nivel de panelistas, quiere decir que no hubo homogeneidad en las evaluaciones que hicieron los panelistas a los tratamientos en estudio.

La comprobación de las diferencias entre los tratamientos se aprecia en el Cuadro 16, mediante la Prueba de Duncan al 5% de significancia. En cuanto al color, la mejor muestra corresponde a 60°C, pero

estadísticamente son iguales todos los tratamientos. La mejor muestra en cuanto al olor corresponde al tratamiento de 60°C y existe alta diferencia respecto a los demás tratamientos. Estadísticamente, en cuanto a la textura, el mejor promedio corresponde al tratamiento de 60°C, existiendo diferencia respecto a los demás tratamientos. Y en lo que respecta a la característica de aspecto general, el mejor tratamiento corresponde al de 60°C, pero estadísticamente son iguales los tres tratamientos. De la evaluación sensorial se concluye que el mejor tratamiento corresponde a la muestra secada a 60°C.

CUADRO 14: RESUMEN DE LOS PROMEDIOS DEL ANALISIS SENSORIAL POR ATRIBUTO

| CARACTERISTICAS | T R A T A M I E N T O S | | |
|-----------------|-------------------------|----------------|----------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ |
| Color | 3.5 | 3.7 | 3.6 |
| Olor | 3.2 | 3.8 | 3.3 |
| Textura | 3.5 | 4.2 | 3.6 |
| Aspecto general | 3.7 | 4.1 | 3.9 |
| P R O M E D I O | 3.475 | 3.95 | 3.6 |

Leyenda: T₁ = 55°C
T₂ = 60°C
T₃ = 65°C

Fuente: **Elaboración propia**

CUADRO 15: ANVA DE LA EVALUACION SENSORIAL POR ATRIBUTO EN LA OBTENCION DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO

| CARACTERISTICA | F.V. | G.L | S.C. | C.M. | F _c | F _t | |
|-----------------|-------------|-----|---------|--------|----------------|----------------|----|
| Color | Tratamiento | 2 | 0.2 | 0.1 | 0.2783 | 3.566 | NS |
| | Panelista | 9 | 16.5333 | 1.837 | 5.1127 | 2.47 | * |
| | Error | 18 | 6.4667 | 0.3593 | | | |
| Olor | Tratamiento | 2 | 2.0667 | 1.0334 | 5.6937 | 3.566 | * |
| | Panelista | 9 | 6.0333 | 0.6704 | 3.6937 | 2.47 | * |
| | Error | 18 | 3.2667 | 0.1815 | | | |
| Textura | Tratamiento | 2 | 2.8667 | 1.4334 | 3.9894 | 3.566 | * |
| | Panelista | 9 | 12.0333 | 1.3370 | 3.7211 | 2.47 | * |
| | Error | 18 | 6.4667 | 0.3593 | | | |
| Aspecto General | Tratamiento | 2 | 0.8 | 0.4 | 1.5879 | 3.566 | NS |
| | Panelista | 9 | 7.3667 | 0.8185 | 3.2493 | 2.47 | * |
| | Error | 18 | 4.5333 | 0.2519 | | | |

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 16: PRUEBA DE DUNCAN (5%) DE LA EVALUACION SENSORIAL POR CARACTERISTICA EN LA OBTENCION DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO

| CARACTERISTICA | TRATAMIENTO | PROMEDIO ORDENADO | SIGNIFICANCIA |
|-----------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| Color | T ₂ (60°C) | 3.7 | a |
| | T ₃ (65°C) | 3.6 | a |
| | T ₁ (55°C) | 3.5 | a |
| Olor | T ₂ (60°C) | 3.8 | a |
| | T ₃ (65°C) | 3.3 | b |
| | T ₁ (55°C) | 3.2 | b |
| Textura | T ₂ (60°C) | 4.2 | a |
| | T ₃ (65°C) | 3.6 | b |
| | T ₁ (55°C) | 3.5 | b |
| Aspecto General | T ₂ (60°C) | 4.1 | a |
| | T ₃ (65°C) | 3.9 | a |
| | T ₁ (55°C) | 3.7 | a |

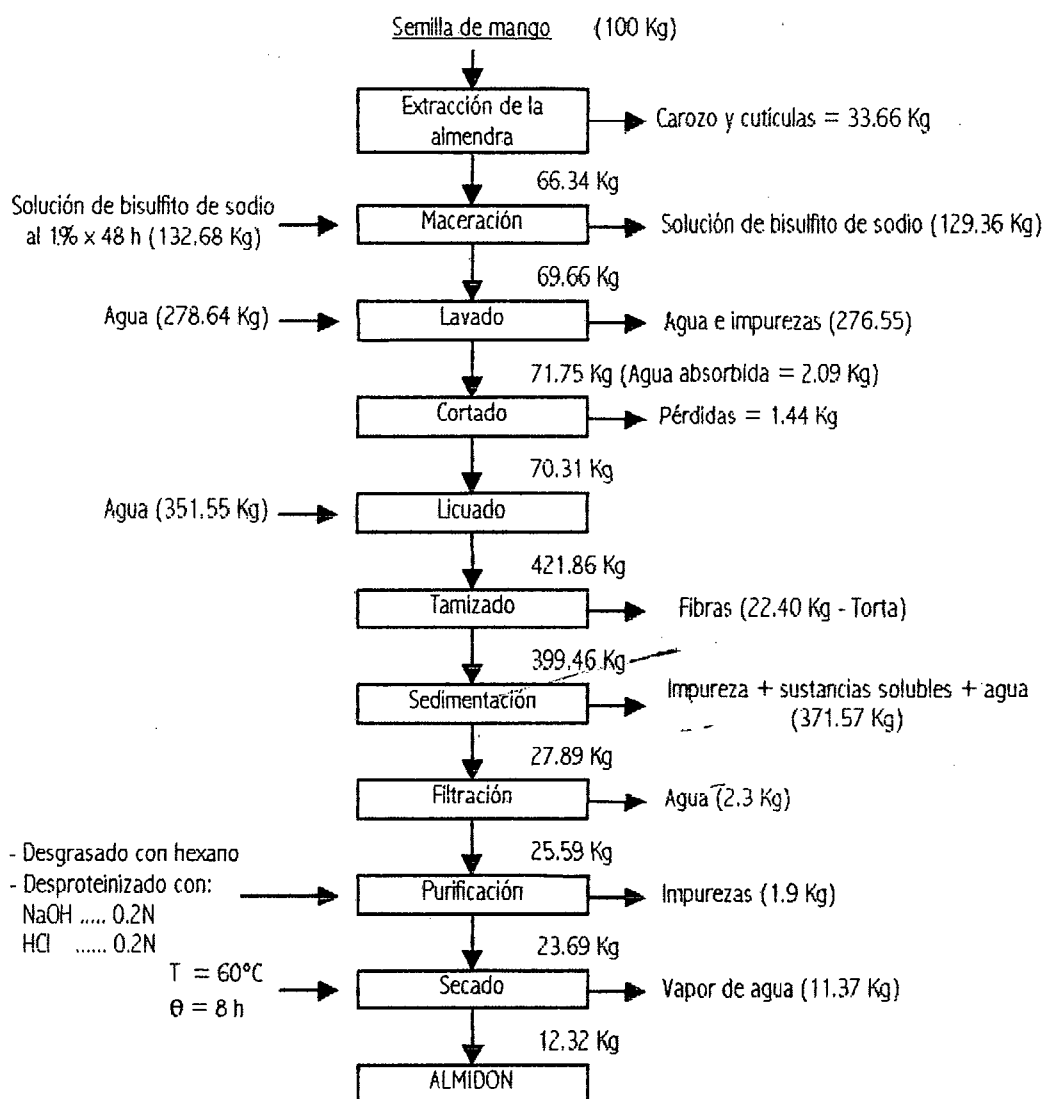
Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Flujograma óptimo y balance de materiales

La Figura 5 presenta el flujograma de proceso final que ha permitido la obtención de un almidón de almendra de mango variedad criollo que cumpla con las Normas Técnicas Nacionales para almidones de uso en la industria de alimentos, farmacéutico (ITINTEC, 1974).

La Figura 5 asimismo, muestra el flujo de materiales y el rendimiento en la obtención de almidón de almendra de mango. Durante el proceso se obtuvo un rendimiento de 12.32% con respecto a la semilla y de 18.57% con respecto a la almendra. Si comparamos el rendimiento con respecto a la almendra con el rendimiento obtenido por LOAYZA (1981) en la obtención de almidón de pituca es muy similar (18%). Mientras que la extracción de almidón de yuca brinda un rendimiento de 23%, según reporta GRACE (1977).

FIGURA 5: FLUJOGRAMA OPTIMO PARA LA OBTENCION DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO VARIEDAD CRIOLLO (*Mangifera indica* L.) Y BALANCE DE MATERIALES



4.3. DEL ALMIDON

4.3.1. Análisis físico-químico

A. Análisis químico proximal

La composición químico proximal del almidón se muestra en el Cuadro 17.

CUADRO 17: COMPOSICION QUIMICA DEL ALMIDON DE LA ALMENDRA DE MANGO (*Mangifera indica* L.) VARIEDAD CRIOLLO

| COMPONENTE | ALMIDON SIN PURIFICAR | | ALMIDON PURIFICADO | |
|--------------|-----------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | Base Húmeda | Base Seca | Base Húmeda | Base Seca |
| Humedad | 11.00 | - | 10.50 | - |
| Proteína | 2.67 | 3.00 | 0.12 | 0.13 |
| Grasa | 4.22 | 4.74 | 0.55 | 0.61 |
| Carbohidrato | 81.95 | 92.08 | 88.80 | 99.22 |
| Ceniza | 0.14 | 0.16 | 0.02 | 0.02 |
| Fibra | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |

* Valores promedio de tres repeticiones

Fuente: **Elaboración propia.**

Tal como se observa en el Cuadro 17, el almidón de la almendra de mango sin purificar contiene porcentajes elevados de grasa y proteína por lo que se hacía necesario su purificación. Durante la extracción del almidón se ha eliminado solo el 51% de la grasa y el 42% de la proteína presente en la almendra, mientras que con la purificación del almidón se ha logrado eliminar en un 93.7% la grasa, y en un 97.5% la proteína con respecto a la almendra; y en un 87.13% y 95.67% respectivamente,

con respecto al almidón sin purificar.

Se aprecia que el contenido de humedad está dentro del rango establecido por ITINTEC (1974) y por GRACE (1977) (ver anexo 5 y 6). Los contenidos de proteína y cenizas son bajos y están dentro de los límites requeridos por ITINTEC (1974) y GRACE (1977).

En cuanto al contenido de grasa, se observa que el valor se encuentra ligeramente por encima del máximo permitido por ITINTEC (1974).

CRUZ (1993), obtuvo un almidón purificado de semilla de mango con la siguiente composición: 11.13% de humedad; 6% de proteína; 7.11% de grasa; 0.539% de ceniza y 75.221% de carbohidratos. Como podemos observar y comparar con los datos obtenidos en el Cuadro 17, CRUZ (1993) no obtuvo una purificación satisfactoria y presentó un almidón con alto contenido de proteína y grasa y no cumpliendo con las especificaciones de ITINTEC (1974), el cual podría conducir a alteraciones del producto posteriormente.

B. Otros análisis físicos y químicos realizados en el almidón de almendra de mango

En el Cuadro 18 se muestra otros análisis físico químicos efectuados al almidón de almendra de mango.

CUADRO 18: OTROS ANALISIS FISICO-QUIMICOS EFECTUADOS EN EL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (*Mangifera indica* L.)

| PARAMETRO | VALORES * |
|---|-----------|
| pH | 5.4000 |
| Acidez titulable (%)* | 0.0770 |
| Sulfito residual (SO ₂) ppm | 12.0000 |
| Densidad aparente (g/ml) | 0.7329 |
| Olor | N |
| Color | A |
| Tanino (%) | 0.0000 |

*: Expresado en contenido de ácido sulfúrico

N: No hay presencia de olores extraños

A: Color característico blanco

Fuente: Elaboración propia.

El pH del almidón de almendra de mango se encuentra dentro de los límites para almidones según ITINTEC (1974) que considera valores de 4.5-6.5 y también dentro del rango establecido por GRACE (1977) que es de 4.5-5.5.

La densidad obtenida es muy similar a la determinada por CRUZ (1993) que es de 0.7285 g/ml. El nivel del sulfito residual (SO₂) es muy inferior al máximo permitido por ITINTEC (1974) que es de 50 ppm. El tanino es eliminado totalmente, no observando su presencia en el producto final.

TALLEDO (1978), menciona que el máximo valor de la acidez permitido para los harineros y almidoneros es de 0.1 a 1.0% expresado en ácido sulfúrico, por lo tanto el valor alcanzado de 0.077% está por debajo de estos

límites. Con respecto al olor no se detectó olor extraño por lo que se calificó con "N" según la norma ITINTEC (1974). El color del almidón es blanco, por lo tanto comprende al calificativo "A" según norma ITINTEC (1974).

C. Aspecto microscópico y tamaño de gránulo

Como se puede observar en las Figuras 6, 7 y 8, los gránulos de almidón de almendra de mango presentan una forma elíptica u ovoide en su gran mayoría y algunos son de forma esférica.

Los gránulos del almidón de maíz se observan en la Figura 9, que tienen forma redonda y algunas veces poligonal. Las Figuras 10 y 11 muestran la forma de los gránulos del almidón de papa y yuca respectivamente.

La posición del hilo en el almidón de mango es céntrico (Figura 6, 7 y 8) y en forma longitudinal, algunas veces en forma de estrella, mientras que el almidón de maíz también tiene la posición del hilo central (Figura 9), pero en forma de estrella o punto y algunas veces fisurado. El tamaño varía entre 8 a 28 micras, considerándolo de tamaño mediano. El tamaño es similar al almidón de maíz, yuca y camote según RAFOLS (1984) y al almidón de semilla de umarí AGUIRRE (1992).

FIGURA 6: GRANULOS DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO
(*Mangifera indica* L.) VARIEDAD CRIOLLO
(AUMENTO 40 x 10)



FIGURA 7: GRANULOS DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO
(*Mangifera indica* L.) VARIEDAD CRIOLLO
(AUMENTO 100 x 10)

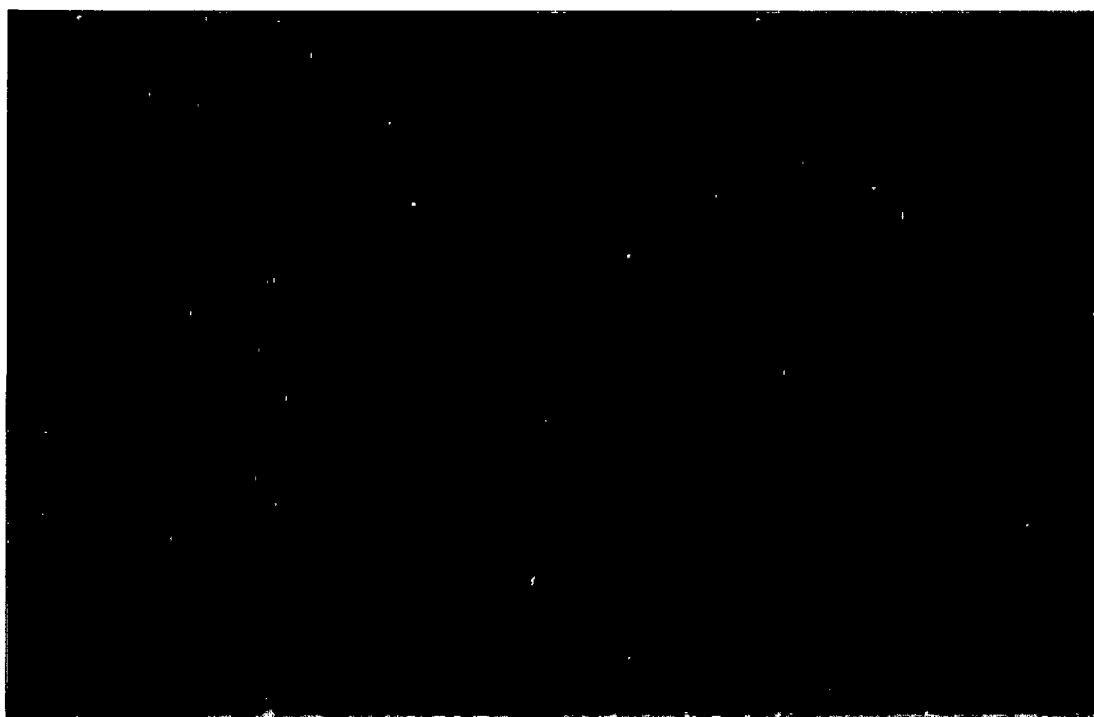


FIGURA 8: GRANULOS DE ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO
(*Mangifera indica* L.) VARIEDAD CRIOLLO
(AUMENTO 100 x 10)



FIGURA 9: GRANULOS DE ALMIDON DE MAIZ (AUMENTO 100 x 10)

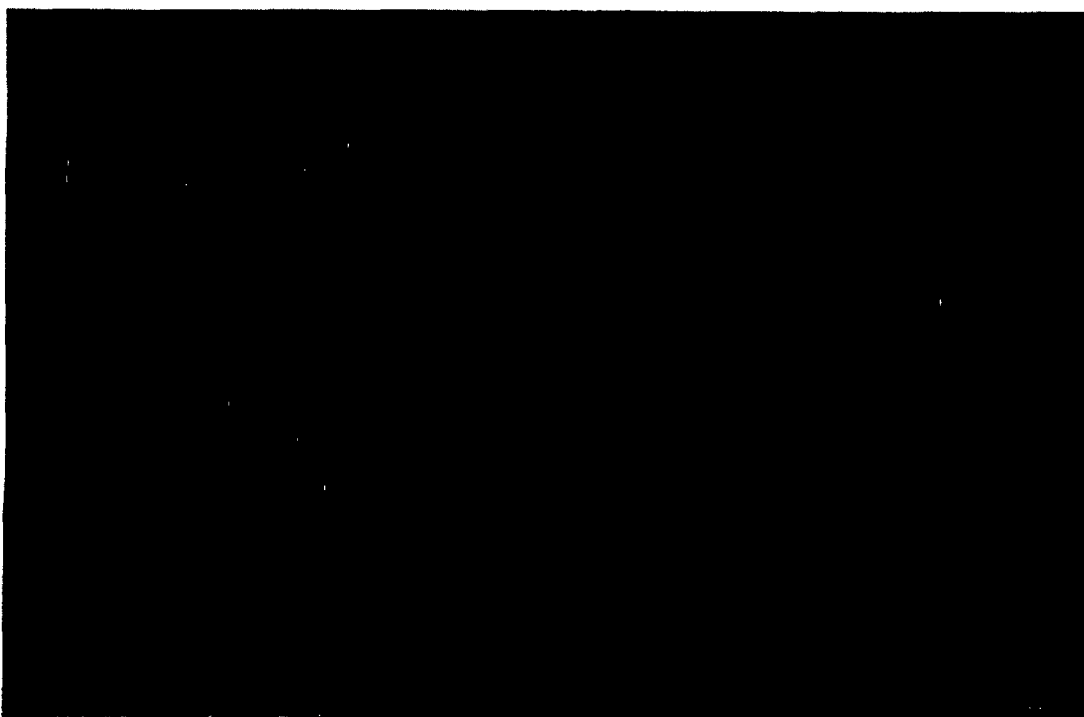


FIGURA 10: GRANULOS DE ALMIDON DE PAPA (AUMENTO 40 x 10)

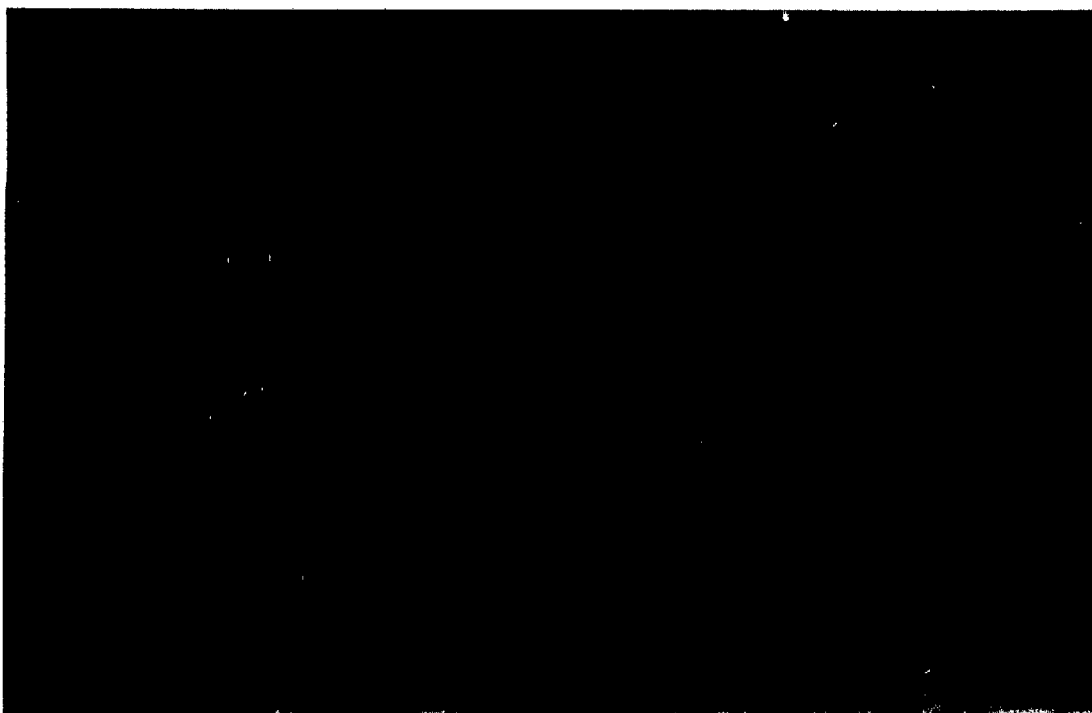


FIGURA 11: GRANULOS DE ALMIDON DE YUCA (AUMENTO 100 x 10)



D. Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización de los gránulos de almidón de almendra de mango (*Mangifera indica* L.) variedad criollo, está comprendido entre 70 y 86°C, correspondiendo la temperatura más baja (70°C) a la gelatinización de los gránulos de mayor tamaño y la más alta (86°) a la de los gránulos de menor tamaño, dicho rango son muy similares a los valores indicados por EL SAADANY (1980) y GREENWOOD (1962).

La temperatura de gelatinización se expresa como intervalo, ya que no todos los gránulos se hinchan y se gelatinizan al mismo tiempo y temperatura, debido a que algunos son más resistentes y por tanto pueden requerir hasta más de 10°C más que otros (BADUI, 1984). El intervalo en la temperatura de gelatinización varía con los diferentes almidones.

E. Viscosidad

El comportamiento de la viscosidad del almidón en función de la temperatura se muestra en la Figura 12, la misma que fue ploteada empleando los datos del Cuadro 19.

En la figura se observa que el incremento de viscosidad de la suspensión se produce a 70°C e indica

el inicio de la gelatinización de los gránulos. Los gránulos de almidón inician la absorción de agua a través de sus zonas amorfas y al ser calentados se rompen los puentes de hidrógeno intermoleculares, produciéndose una mayor absorción hasta alcanzar la pérdida de birrefringencia y el máximo hinchamiento, tal como menciona BADUI (1984).

Para el estudio de la viscosidad se analizaron tres concentraciones de almidón (3, 4 y 5%), lográndose un mejor comportamiento de gel con 4%, por que es la concentración a la cual obtenemos una mejor gelificación, una pasta más firme y elástica, y comparando con la viscosidad de la mazamorra elaborada a partir de una marca comercial "Mazamorra Morada Royal" obtenemos un valor similar a la del almidón de almendra de mango a las mismas condiciones.

La curva confirma la alta temperatura de pastosidad del almidón de almendra de mango y una considerable retrogradación.

El aumento en la viscosidad al calentarse una suspensión de gránulos de almidón en agua, es una forma conveniente de evaluar el progreso del empastamiento.

CUADRO 19: VARIACION DE LA VISCOSIDAD (Cp) DEL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (*Mangifera indica* L.) VARIEDAD CRIOLLO EN FUNCION DE LA TEMPERATURA Y CONCENTRACION

| TEMPERATURA (°C) | VISCOSIDAD (Cp) | | |
|---------------------|-----------------|-----|-----|
| | 3% | 4% | 5% |
| Calentamiento | | | |
| 50 | 9 | 9 | 9 |
| 55 | 9 | 9 | 9 |
| 60 | 9 | 10 | 10 |
| 65 | 9 | 10 | 10 |
| 70 | 12 | 14 | 20 |
| 75 | 14 | 17 | 28 |
| 80 | 16 | 18 | 32 |
| 85 | 18 | 24 | 59 |
| 90 | 23 | 54 | 96 |
| 95 | 44 | 75 | 137 |
| Enfriamiento | | | |
| 90 | 48 | 84 | 158 |
| 85 | 51 | 87 | 165 |
| 80 | 55 | 89 | 169 |
| 75 | 60 | 92 | 175 |
| 70 | 62 | 100 | 184 |
| 65 | 65 | 108 | 205 |
| 60 | 67 | 111 | 218 |
| 55 | 69 | 119 | 227 |
| 50 | 74 | 130 | 252 |

Fuente: **Elaboración propia**

Durante el calentamiento hasta 95°C el aumento de la viscosidad es gradual y no se observa pico de viscosidad (viscosidad máxima), demostrando que la gelatinización es lenta y los gránulos no se hinchan por completo debido a la fuerte asociación intra-estructural entre las fracciones de amilosa y amilopectina. A la temperatura de gelatinización existe un alto grado de absorción de agua que hace que las dispersiones de almidón alcancen grandes viscosidades; sin embargo el espesamiento es incompleto y la viscosidad máxima se

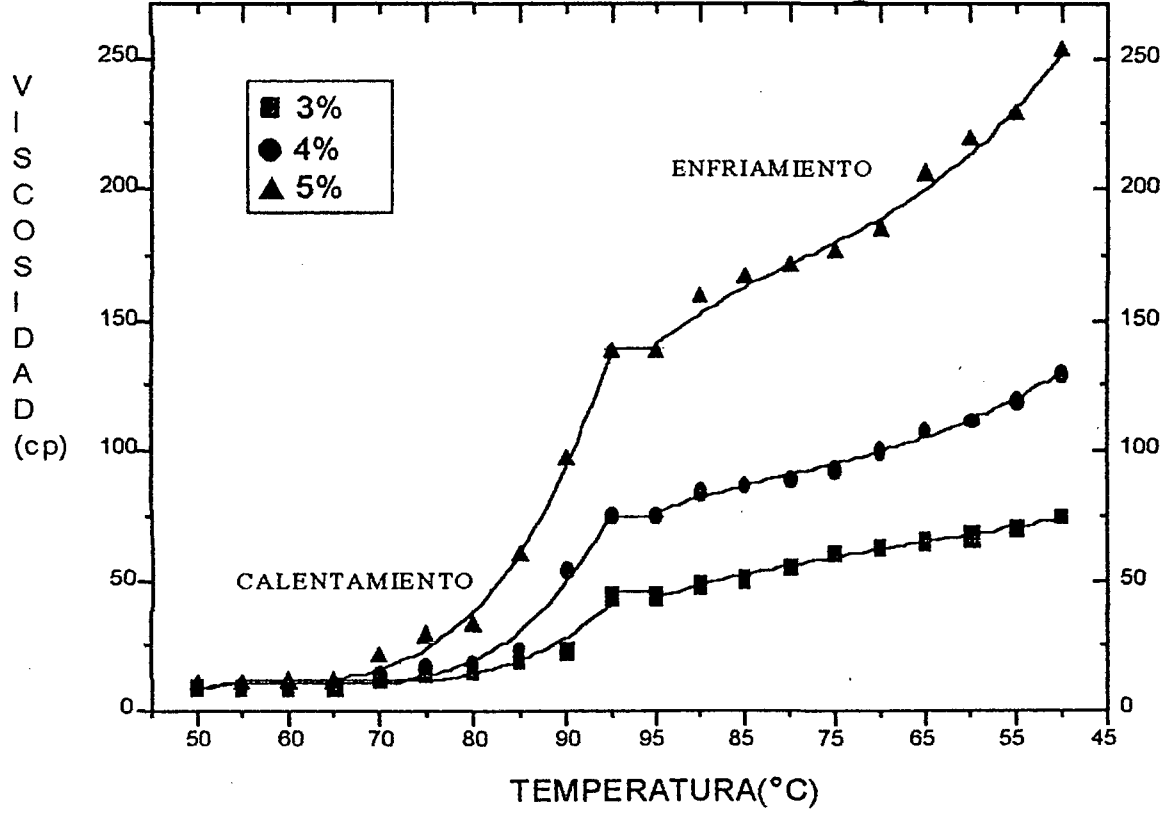
consigue en un calentamiento adicional, cuando se produce la liberación del exudado y el plegamiento (deformación) de los gránulos hinchados tal como menciona **CHARLEY** (1987).

A mayor contenido de amilosa se requiere mayor tiempo para completar la gelificación. Esta operación está de acuerdo con el contenido aparente de la fracción lineal, dado por el poder de absorción de agua, ya que a mayor contenido de amilosa mayor poder de gelificación y viscosidad, tal como afirma **LOAYZA** (1981).

Al mantener la pasta a 95°C durante 20 minutos y con agitación, la viscosidad permanece constante, reflejando así la estabilidad del gránulo hinchado al tratamiento térmico y a la desintegración mecánica.

Durante el enfriamiento hasta 50°C la viscosidad aumenta gradualmente y la pasta va adquiriendo dureza y mayor opacidad. Estos comportamientos de la viscosidad demuestran la tendencia retrogradativa del almidón que de ser empleado como agente espesante o ingrediente principal de productos refrigerados como budines, sopas enlatadas y congeladas, alimentos infantiles, emulsiones (mayonesa) y otros alimentos, podrá provocar endurecimiento de la textura y sinéresis del producto final.

FIGURA 12: EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA VISCOSIDAD DEL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO



WHISTLER (1967) señala que el incremento de viscosidad durante el enfriamiento refleja la tendencia del almidón a la retrogradación. Entre los muchos factores que influyen en la retrogradación los tres más importantes son la concentración de amilosa, la longitud de las cadenas de amilosa y el estado de dispersión de las cadenas lineales.

Los almidones de tendencia retrogradativa se utilizan en la preparación de geles alimenticios (especialmente "ligas" en confitería) y películas comestibles (por ejemplo, recubrimiento de píldoras farmacéuticas).

F. Análisis de amilosa

En el Cuadro 20 se reporta el porcentaje de amilosa y amilopectina presente en el almidón de almendra de mango (*Mangifera indica L.*) variedad crillo.

CUADRO 20: ANALISIS DE AMILOSA EN EL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (*Mangifera indica L.*) VARIEDAD CRIOLLO

| MUESTRA | ABS. | CONC (mg) | % AMILOSA | % AMILOPECTINA |
|-----------|-------|-----------|-----------|----------------|
| 1 | 0.244 | 7.80 | 39.00 | 61.00 |
| 2 | 0.248 | 8.05 | 40.25 | 59.75 |
| 3 | 0.246 | 7.95 | 39.75 | 60.25 |
| \bar{X} | | | 39.67 | 60.33 |

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en el Cuadro 20, el almidón de almendra de mango variedad criollo, contiene un elevado porcentaje de amilosa (39.67%) en comparación con los almidones corrientes de tubérculos y cereales que contienen de un 20 a 25% de amilosa y del almidón de semilla de umarí que solo contiene 12.5% de amilosa.

Este porcentaje de amilosa (39.67%), coincide con lo reportado por CRUZ (1993) que es de 39.50% de amilosa, pero no especifica la variedad de mango utilizado y el método de análisis es diferente.

Este alto porcentaje de amilosa en el almidón de almendra de mango implica una alta capacidad retrogradativa de la misma.

Los almidones de alto contenido en amilosa, permiten obtener geles más firmes y de un modo más rápido. Además, estos almidones son resistentes a la cocción debido a la naturaleza cristalina de la amilosa, sólo hay hinchazón a temperatura elevada y si se mantiene moderado, no hay gran aumento de la viscosidad como se pudo observar en el Cuadro 19 y Figura 12.

Este tipo de almidones se utilizan para hacer geles alimenticios y especialmente para preparar "ligas" en confitería. Los almidones ricos en amilosa también se utilizan para preparar películas comestibles (por

ejemplo recubrimientos que conforman algunas píldoras farmacéuticas). Más no se aconseja como agentes espesantes, porque pueden dar una textura granulosa, o una consistencia elástica e incluso apelmazarse o motivar sinéresis, según menciona CHEFTEL (1980).

4.3.2. Análisis microbiológico

Los resultados del análisis microbiológico efectuado al almidón de almendra de mango, se muestra en el Cuadro 21.

CUADRO 21: ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (Colonias/gramo de muestra)

| ANALISIS MICROBIOLOGICO | ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO | STANDAR DE CALIDAD (*) |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------|
| - Numeración de hongos | 0 | 10^3 |
| - Numeración de levadura | 0 | 0 |
| - Numeración de gérmenes viables | 2.2×10^3 | 10^5 |

(*) Instituto de Nutrición del Perú (1972).

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el Cuadro 21, la numeración de gérmenes viables totales, hongos y levaduras se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles dadas por el INSTITUTO DE NUTRICIÓN DEL PERÚ (1972), citado por AGUIRRE (1992). Estos resultados demuestran las adecuadas condiciones higiénicas empleadas durante el proceso.

V. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y de los objetivos planteados en el presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

1. La eliminación de taninos es total, debido a los lavados con solución de bisulfito de sodio al 1% como agente antioxidante.
2. Es factible la obtención de almidón de almendra de mango (*Mangifera indica L.*) variedad criollo de calidad aceptable, de acuerdo al siguiente flujo de procesamiento: semilla de mango, extracción de almendra, maceración, lavado, pre-desintegrado, licuado, tamizado, sedimentación, filtración, purificación y secado; con las siguientes características: pH 5.4, acidez titulable 0.077%, densidad 0.7329 g/ml, proteína 0.13% (b.s.), grasa 0.61% (b.s.), carbohidrato 99.22% (b.s.), fibra 0.02% (b.s.) y ceniza 0.01% (b.s.) y un rendimiento del 12.32% con respecto a la semilla.
3. Los gránulos de almidón de almendra de mango son de forma ovoide y esféricas cuyo tamaño varía de 8 a 28 micras. El almidón contiene 39.67% de amilosa, una temperatura de gelatinización de 70 a 86°C y una curva de viscosidad típica de almidones de

lenta gelatinización, resistentes al tratamiento térmico y de tendencia retrogradativa.

4. De acuerdo a los análisis microbiológicos el almidón de almendra de mango, presentó valores inferiores a los límites máximos de carga microbiana dadas por el Instituto Nacional de Nutrición, lo que demuestra adecuadas condiciones higiénicas empleadas en el proceso.

VI. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda lo siguiente:

1. Incentivar el cultivo del mango para asegurar la materia prima en una futura industria.
2. Realizar un estudio técnico-económico que demuestre la factibilidad para la instalación de una planta procesadora de almidón.
3. Realizar estudios similares de extracción y caracterización de almidón a partir de las demás variedades de mango u otras semillas de frutos de la zona.
4. Estudiar la posibilidad de obtención de pectina de la cáscara de mango, fibra de la pulpa, utilización del carozo como combustible o con fines decorativos, así como la extracción de aceite y proteína de la almendra; y de esta manera brindar un aprovechamiento integral del mango.
5. Diseñar un equipo para la extracción de la almendra (Extractor de almendra).

6. Realizar estudios para resolver el problema de almacenaje de la semilla, para disponer de semilla fresca durante los días de procesamiento.
7. Por el alto contenido de amilosa, este almidón se recomienda utilizar en la preparación de geles alimenticios y especialmente para preparar "ligas" en confitería, también en la preparación de películas comestibles (por ejemplo, recubrimientos que conforman algunas píldoras farmacéuticas).
8. Estudiar las posibilidades de uso del almidón obtenido en panificación, galletería, productos formulados, elaboración de jarabes de glucosa para confitería e industria farmacéutica y como almidón modificado.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, E.; 1992. Obtención de Jarabe de Glucosa por Vía Enzimática de Almidón de Semilla de Umarí (Poraqueiba sericeae tulasne). Tesis Universidad Agraria La Molina. Lima-Perú.
2. ALEIXANDRE, B.J.L.; 1996. Procesos de Elaboración de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia-España.
3. A.O.A.C.; 1979. Official Methods of Analysis of the Association Official Analytical Chemists. Fourteenth Edition. Virginia-U.S.A.
4. ASTM; 1990. American Society for Testing and Material. Anual Book of ASTM Standar. Vol 16. U.S.A.
5. ATMAN, C.F.A.; 1965. A composicao quimica do fruto de umary. Manaus. INPA. Publi. Avulsa-Brasil.
6. BADUI, D.; 1984. Química de los Alimentos. Edit. ALHAMBRA S.A. México.

7. BRAVERMAN, J.B.J.; 1967. **Introducción a la Bioquímica de los Alimentos.** Edit. Omega. Barcelona-España.
8. BONNER, J. y GALSTON, A.W.; 1952. **Principles of Plant Physiology** W.H. Freeman Co. San Francisco, California-U.S.A.
9. CALZADA, B.; 1981. **Métodos Estadísticos para la Investigación.** 4ta Edic. Lima-Perú.
10. CHARLEY, H.; 1991. **Tecnología de Alimentos.** Edi. LIMUSA S.A. México.
11. CHEFTEL, J.C.; 1980. **Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos.** Vol. I. Edit. ACRIBIA. Zaragoza-España.
12. COLLAZOS, et al; 1996. **La Composición de los Alimentos de Mayor Consumo en el Perú.** 6ta Edic. Ministerio de Salud. Lima-Perú.
13. CRUZ, G.; 1993. **Obtención y caracterización de almidón de semilla de mango.** Separata. Piura-Perú.

14. CUEVA, A.J.; 1961. Proyecto de una Planta Industrial para la Producción de Almidón de Yuca en Cajamarca. Tesis de Ingeniero Químico de UNSM. Lima-Perú.
15. DAS, N. y BANERJEE, R.; 1952. Utilization of mango-seed Kernel as a source of starch. Sci. and Cult. 17.
16. ECHECOPER J.; 1968. Estudio de Factibilidad y Anteproyecto para el Establecimiento de una Fábrica de Almidón de Papa en el Valle del Mantaro. INPI BIP. Lima-Perú.
17. EL SAADANY, R. y FODA, Y.; 1980. Studies on starch extracted from mango seeds (*Mangifera indica*) as a new source of starch. Stärke 32.
18. FENNEMA, O.; 1982. Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Vol I. Edit. REVERTE S.A. Barcelona-España.
19. FOSTER, J.F.; 1965. En Starch: Chemistry and Technology. Vol I. Academic Press. New York-USA.

20. GRACE, M.R.; 1977. **Elaboración de la Yuca.**
Organización de la Naciones Unidas para la
Agricultura y la Alimentación. Roma-Italia.
21. GREENWOOD, C. y THOMSOM, J.; 1962.
Physicochemical studies on starches. Past
XXIV. The fractionation and characterizatum
of starches of various plant origins. J.
Chem.Soc.
22. IBAR, L.; 1979. **Aguacate, Chirimoyo, Mango,**
Papaya. Edit. AEDOS. Barcelona-España.
23. IICA; 1989. **Compendio de Agronomía Tropical.**
Tomo II. San José-Costa Rica.
24. INDECOPI-ITINTEC; 1987. **Norma Técnica Peruana.**
Comisión de Reglamentos Técnicos y
Comerciales. Lima-Perú.
25. ITINTEC; 1974. **Almidón de Maíz no Modificado.**
Normas Técnicas Nacionales 209.064, 209.073.
Lima-Perú.
26. KERR, R.W.; 1950. **Chemistry and Industry of**
Starch. 2da Edic. Academic Press. New York-
USA.

27. LOAYZA, C.; 1981. **Factibilidad Técnica de la Obtención de Almidón de Pituca (*Colocasia esculenta*)**. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
28. MAC MASTERS, M.; 1964. **Microscopic technique for determining starch granule properties**. Vol IV. Methods in carbohydrate chemistry. Academic Press, New York-U.S.A.
29. MINISTERIO AGRICOLA; 1997. **Producción Agrícola**. Oficina de Información Agraria. Lima-Perú.
30. MINISTERIO DE AGRICULTURA; 1997. **Resúmenes Anuales**. Oficina Estadística Agraria. Región Agraria XIII. Tarapoto-Perú.
31. MOSEEL, D. y QUEVEDO, F.; 1967. **Control Microbiológico de los Alimentos**. Serie Cleiba. U.N.M.S.M. Lima-Perú.
32. PEARSON, D.; 1986. **Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos**. 1ra Reimpresión. Edit. ACRIBIA. Zaragoza-España.

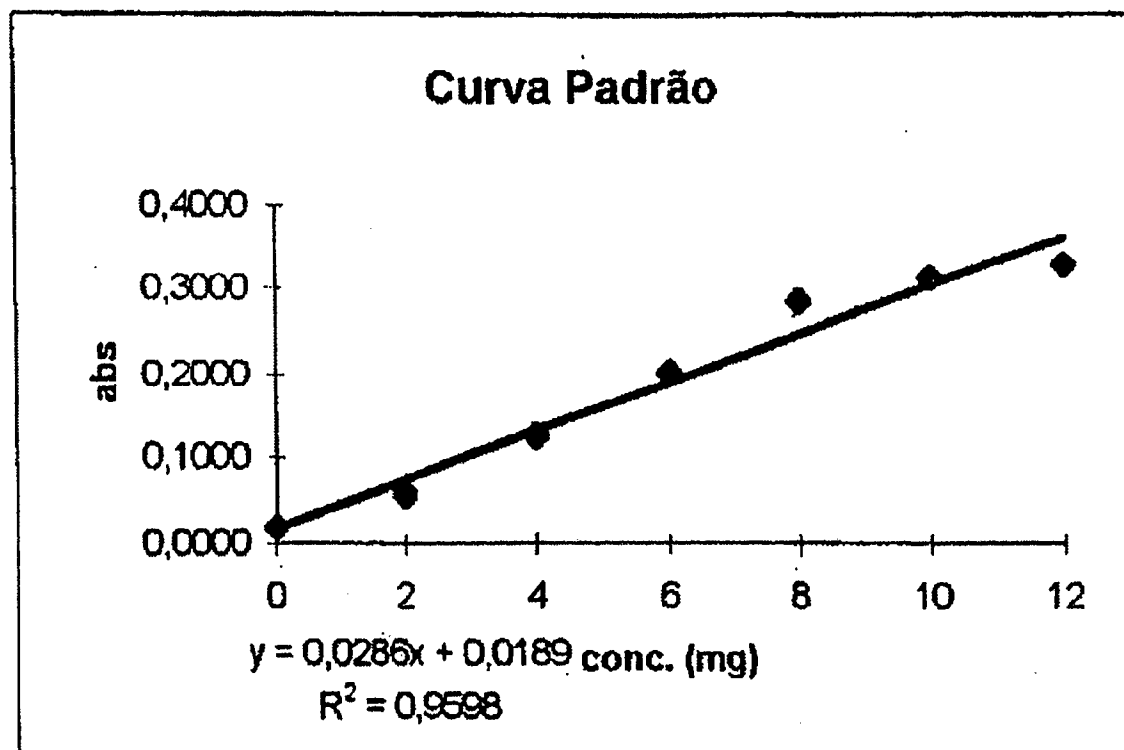
33. PLATA-OVIEDO, M.; 1998. **Secagem do amido fermentado de mandioca: modificacao química relacionada com a propriedade de expansao e características físico-químicas.** Tesis (doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas-Brasil.
34. POTTER, N.; 1978. **Ciencia de los Alimentos.** 2da Edic. Edit. EDUTEX S.A. México.
35. RAFOLS, W.; 1985. **Aprovechamiento Industrial de los Productos Agrícolas.** Edit. SALVAT. Barcelona-Madrid-España.
36. TALLEDO, F.J.; 1978. **Factibilidad Técnica para la Obtención de Almidón de Papa Amarga.** Tesis Universidad Agraria La Molina. Lima-Perú.
37. TELGE, L.H.; 1961. **El Cultivo del Mango en la Costa Peruana.** Tesis Universidad Agraria La Molina. Lima-Perú.
38. WHISTLER, R.L.; 1964. **Methods in carbohydrate chemistry.** Vol IV. Academic Press. Inc. New York-U.S.A.
39. WHISTLER, R.L. y SMART, C.L.; 1967. **Polysaccharide Chemistry.** Academic Press. Inc. New York-U.S.A.

VIII. ANEXOS

A N E X O 1

Determinação do teor de amilose por curva padrão

| | conc. (mg) | abs |
|----|------------|--------|
| 1 | 0 | 0,0189 |
| 2 | 2 | 0,0562 |
| 3 | 2 | 0,0598 |
| 4 | 4 | 0,1251 |
| 5 | 4 | 0,1259 |
| 6 | 6 | 0,2022 |
| 7 | 6 | 0,2027 |
| 8 | 8 | 0,2853 |
| 9 | 8 | 0,2860 |
| 10 | 10 | 0,3130 |
| 11 | 10 | 0,3142 |
| 12 | 12 | 0,3280 |
| 13 | 12 | 0,3294 |



ANEXO 2

FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL

PRODUCTO: ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (*Mangifera indica*) VARIEDAD CRIOLLO

NOMBRE:

FECHA:

HORA:

INSTRUCCIONES: Califique usted el color, olor, textura y aspecto general de las muestras de acuerdo a la siguiente escala:

| | |
|-------------|---|
| EXCELENTE : | 5 |
| MUY BUENO : | 4 |
| BUENO : | 3 |
| REGULAR : | 2 |
| MALO : | 1 |

| MUESTRA | COLOR | OLOR | TEXTURA | ASPECTO GENERAL |
|---------|-------|------|---------|-----------------|
| A11 | | | | |
| A12 | | | | |
| A13 | | | | |

Nota: El tributo textura será determinado por el grado de finura del almidón al tacto.

OBSERVACIONES:

ANEXO 3

CUADRO 22: RESULTADOS DE LA PRUEBA SENSORIAL A ESCALA HEDONICA PARA ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO (*Mangifera indica* L.)

| PANELISTA | COLOR | | | OLOR | | | TEXTURA | | | ASPECTO GENERAL | | |
|-----------|-------|-----|-----|------|-----|-----|---------|-----|-----|-----------------|-----|-----|
| | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 | T1 | T2 | T3 |
| 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | 3 | 5 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 |
| 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 7 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 8 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 |
| 9 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 10 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| TOTAL | 35 | 37 | 36 | 32 | 38 | 33 | 35 | 42 | 36 | 37 | 41 | 39 |
| PROMEDIO | 3.5 | 3.7 | 3.6 | 3.2 | 3.8 | 3.3 | 3.5 | 4.2 | 3.6 | 3.7 | 4.1 | 3.9 |

TEMPERATURA DE SECADO

LEYENDA :

T1 = 55°C

T2 = 60°C

T3 = 65°C

ANEXO 4

CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA SENSORIAL A ESCALA HEDONICA PARA ALMIDON DE ALMENDRA DE MANGO

A. COLOR

Cálculos de suma de cuadrados

1. De tratamientos (SCT)

$$SCT = \frac{35^2 + 37^2 + 36^2}{10} - \frac{108^2}{30} = 0.2$$

2. De Panelistas (SCp)

$$SCp = \frac{9^2 + 12^2 + 12^2 + \dots + 11^2}{3} - \frac{108^2}{30} = 16.5333$$

3. Del Total (SCT)

$$SCp = 4^2 + 4^2 + 3^2 + \dots + 4^2 - \frac{108^2}{30} = 23.2$$

4. Del Error Experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCT - SCp$$

$$SCE = 23.2 - 0.2 - 16.5333 = 6.4667$$

ANVA

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|-------------|------|---------|--------|--------|-------|----|
| Tratamiento | 2 | 0.2000 | 0.1000 | 0.2783 | 3.566 | NS |
| Panelista | 9 | 16.5333 | 1.8370 | 5.1127 | 2.470 | * |
| Error | 18 | 6.4667 | 0.3593 | | | |
| Total | 29 | 23.3000 | | | | |

B. OLOR

Cálculos de suma de cuadrados

1. De tratamientos (SCt)

$$SCt = \frac{35^2 + 38^2 + 33^2}{10} - \frac{103^2}{30} = 2.0667$$

2. De Panelistas (SCp)

$$SCp = \frac{9^2 + 9^2 + 9^2 + \dots + 10^2}{3} - \frac{103^2}{30} = 6.0333$$

3. Del Total (SCT)

$$SCp = 3^2 + 3^2 + 2^2 + \dots + 3^2 - \frac{103^2}{30} = 11.3667$$

4. Del Error Experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCt - SCp$$

$$SCE = 11.3667 - 2.0667 - 6.0333 = 3.2667$$

ANVA

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft |
|-------------|------|---------|--------|--------|---------|
| Tratamiento | 2 | 2.0667 | 1.0334 | 5.6937 | 3.566 * |
| Panelista | 9 | 6.0333 | 0.6704 | 3.6937 | 2.470 * |
| Error | 18 | 3.2667 | 0.1815 | | |
| Total | 29 | 11.3667 | | | |

Cálculo del Error Estandar: Característica Olor

$$e = \sqrt{\frac{CME}{n}} = \sqrt{\frac{0.1815}{10}} = 0.1347$$

Encontrando la Diferencia Mínima Significativa (D.M.S.) de la Tabla de Duncan al 5% con 18 G.L. de Error.

| COMPARACION | DIFERENCIA = D | A.E.S. | ERROR | D.M.S. |
|-------------|-----------------|--------|--------|---------|
| T2 - T3 | 3.8 - 3.3 = 0.5 | 2.97 | 0.1347 | 0.40 * |
| T2 - T1 | 3.8 - 3.2 = 0.6 | 3.12 | 0.1347 | 0.42 * |
| T3 - T1 | 3.3 - 3.2 = 0.1 | 2.97 | 0.1347 | 0.40 NS |

C. TEXTURA

Cálculos de suma de cuadrados

1. De tratamientos (SCT)

$$SCT = \frac{35^2 + 42^2 + 36^2}{10} - \frac{113^2}{30} = 2.8667$$

2. De Panelistas (SCp)

$$SCp = \frac{11^2 + 10^2 + 12^2 + \dots + 8^2}{3} - \frac{113^2}{30} = 12.0333$$

3. Del Total (SCT)

$$SCp = 4^2 + 3^2 + 3^2 + \dots + 2^2 - \frac{113^2}{30} = 21.3667$$

4. Del Error Experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCt - SCp$$

$$SCE = 21.3667 - 2.8667 - 12.0333 = 6.4667$$

ANVA

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft |
|-------------|------|---------|--------|--------|---------|
| Tratamiento | 2 | 2.8667 | 1.4334 | 3.9894 | 3.566 * |
| Panelista | 9 | 12.0333 | 1.3370 | 3.7211 | 2.470 * |
| Error | 18 | 6.4667 | 0.3593 | | |
| Total | 29 | 21.3667 | | | |

Cálculo del Error Estandar: Característica Olor

$$e = \sqrt{\frac{CME}{n}} = \sqrt{\frac{0.3593}{10}} = 0.1896$$

Encontrando la Diferencia Mínima Significativa (D.M.S.) de la Tabla de Duncan al 5% con 18 G.L. de Error.

| COMPARACION | DIFERENCIA = D | A.E.S. | ERROR | D.M.S. |
|-------------|-----------------|--------|--------|-----------|
| T2 - T3 | 4.2 - 3.6 = 0.6 | 2.97 | 0.1896 | 0.5631 * |
| T2 - T1 | 4.2 - 3.5 = 0.7 | 3.12 | 0.1896 | 0.5916 * |
| T3 - T1 | 3.6 - 3.5 = 0.1 | 2.97 | 0.1896 | 0.5631 NS |

D. ASPECTO GENERAL

Cálculos de suma de cuadrados

1. De tratamientos (Sct)

$$Sct = \frac{37^2 + 41^2 + 39^2}{10} - \frac{117^2}{30} = 0.8$$

2. De Panelistas (SCp)

$$SCp = \frac{11^2+12^2+12^2 + \dots + 9^2}{3} - \frac{117^2}{30} = 7.3667$$

3. Del Total (SCT)

$$SCp = 4^2 + 4^2 + 3^2 + \dots + 3^2 - \frac{117^2}{30} = 12.7$$

4. Del Error Experimental (SCE)

$$SCE = SCT - SCT - SCp$$

$$SCE = 12.7 - 0.8 - 7.3667 = 4.5333$$

ANVA

| F.V. | G.L. | S.C. | C.M. | Fc | Ft | |
|-------------|------|---------|--------|--------|-------|----|
| Tratamiento | 2 | 0.8000 | 0.4000 | 1.5879 | 3.566 | NS |
| Panelista | 9 | 7.3667 | 0.8185 | 3.2493 | 2.470 | * |
| Error | 18 | 4.5333 | 0.2519 | | | |
| Total | 29 | 12.7000 | | | | |

ANEXO 5

ESPECIFICACIONES PARA ALMIDON DE MAIZ NO MODIFICADO PARA USO INDUSTRIAL, ALIMENTICIO Y FARMACEUTICO

| | LIMITE |
|--|--------------|
| 1. Humedad | 10.5 - 12.5% |
| 2. Anhídrido sulfuroso (SO ₂) máximo | 50 ppm |
| 3. pH | 4.5 - 6.5 |
| 4. Proteína, máximo | 0.45% |
| 5. Color | C ó mejor |
| <u>Color "A"</u> : Es cuando el almidón de maíz no modificado, tiene un color blanco con un ligero tinte amarillento. | |
| <u>Color "B"</u> : Es cuando el almidón de maíz no modificado, tiene un color blanco con un tinte amarillento más pronunciado que "A". | |
| <u>Color "C"</u> : Es cuando el almidón de maíz no modificado, tiene un color blanco con un tinte amarillento más pronunciado que "B". | |
| 6. Solubles, máximo | 0.25% |
| 7. Cenizas, máximo | 0.50% |
| 8. Grasa, máximo | 0.10% |
| 9. Tamaño de partículas: | |
| Pasa a través de malla N° 80, mínimo | 99.9% |
| Pasa a través de malla N° 100, mínimo | 97.0% |

Fuente: ITINTEC (1974).

ANEXO 6

ESPECIFICACIONES PARA EL ALMIDON (Ideadas para una gran corporación)

1. Aspecto y uniformidad

Se examinan muestras de alrededor de una cucharada de té, tomadas de cada saco, bajo una placa de vidrio y se compara el color y las manchas. El color debe ser uniforme, blanco y exento de pigmentos. Se considera que el lote no es uniforme cuando por encima del 10% de las muestras son más oscuras o tienen más manchas que el resto.

2. Tamaño de malla

Deberá pasar el 99% de los gránulos de almidón a través de un tamiz de 100 mallas, o el 95% a través de un tamiz de 140 mallas.

3. Olor

La harina cocida deberá tener un olor fresco, exento de todo olor a rancio o mohoso.

4. Contenido de humedad

No mayor de 10-13%. El contenido de humedad por debajo de 10% indica condiciones graves de desecación y un posible riesgo de explosión durante el almacenamiento. Más de 13% indica peligro de contaminación por mohos.

5. Contenido de ceniza

No mayor de 0.2%.

6. Contenido de proteínas

No mayor de 0.4%.

7. Valor del pH

4.5 - 5.5.

8. Viscosidad

Deberá ser apropiada para preparar una papilla de harina fría y un engrudo de almidón cocido.

Fuente: GRACE (1977).

